НАУКОВІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ СТАЛОГО БДЖІЛЬНИЦТВА

За підтримки Міжнародного Вишеградського Фонду

2025 Видавничий дім Юкрейніен Саєнс Хаб

Supported by the International Visegrad Fund

Independent Research Institute «Ukrainian Science Hub»
Приватна наукова установа «Юкрейніен Саєнс Хаб»

Інститут ветеринарної медицини НААН України
ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» НААН України
Інститут технічної теплофізики НАН України
Словацький сільськогосподарський університет в Нітрі, Словаччина
Поліський національний університет
Черкаський державний технологічний університет
Національний університет біоресурсів і природокористування України
ТОВ Науково-виробниче об'єднання «Апімедікум»
ТОВ «Пчелопродукт»
ГО «Фундація жінок пасічниць»
ГО «Всеукраїнська асоціація апітерапевтів»
Газета «Пасіка від «А» до «Я»

НАУКОВІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ СТАЛОГО БДЖІЛЬНИЦТВА

Монографія

За редакцією Леонори Адамчук

2025

УДК 638.1/.3:615.9:504.05:664.1
ISBN 978-617-95515-1-2
DOI https://doi.org/10.64378/iriush.ph.2025.2

Рекомендовано до друку рішенням Вченої Ради
ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» НААН України,
протокол № 4 від 15 травня 2025 року.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої Ради
Інституту ветеринарної медицини НААН України,
протокол № 5 від 29 травня 2025 року.

Схвалено до друку рішенням Вченою Радою ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб»,
протокол № 5 від 30 червня 2025 року.

Рецензенти:

Ковальський Юрій Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри технології виробництва і переробки продукції дрібних тварин Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Данчук Олексій Володимирович, доктор ветеринарних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, смт. Хлібодарське, Одеська область, Україна

Паламарчук Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Адамчук, Л., Антонів, А., Бріндза, Я., Лісогурська, Д., Євтушенко, О., Сухенко, В., Двикалюк Р., Лісогурська, О., Фурман, С., Лазарєва, Л., Акименко, Л., Литвиненко, О., Авдєєва, Л., Постоєнко, В., Криворучко, Д., Боднарчук, Г., Осипенкова, І., Міщенко, О., Романенко, Л., Сухенко, Є., Солдатов, Д. [за заг. ред. Л. Адамчук]. Наукові та біотехнологічні рішення сталого бджільництва. Монографія (2025). Київ: Видавничий Дім Юкрейніен Саєнс Хаб. 350 с.

Монографія містить актуальну аналітично-прикладну наукову інформацію щодо стану бджільництва та суміжних галузей. Видання буде корисним для працівників науково-дослідних установ й лабораторій, адміністративно-управлінському апарату агропродовольства, пасічним господарствам, та може використовуватися у підготовці фахівців зі спеціальностей «Харчові технології», «Технологія виробництва і переробка продуктів тваринництва», «Тваринництво», «Ветеринарна медицина» у закладах вищої освіти.

Дизайн обкладинки підготовлено з використанням ШІ.
Відповідальний за випуск – Артем Антонів, президент, співзасновник IRI USH

© Автори, 2025
© Independent Research Institute «Ukrainian Science Hub», 2025
© International Visegrad Fund, 2025

ЗМІСТ

АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ	**7**
ПЕРЕДМОВА	**9**
РОЗДІЛ 1. СТРАТЕГІЧНІ ОРІЄНТИРИ СТАЛОГО БДЖІЛЬНИЦТВА **Леонора Адамчук, Ольга Лісогурська, Діна Лісогурська, Світлана Фурман**	**10**
1.1. Принципи сталого бджільництва *Леонора Адамчук*	**11**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 1.1	**13**
1.2. Вимирання бджіл: виклики та технологічні рішення для збереження популяцій і сталого бджільництва *Ольга Лісогурська, Діна Лісогурська, Світлана Фурман*	**15**
1.2.1. Проблема вимирання бджіл	**15**
1.2.2. Технологічні рішення для збереження популяцій і сталого бджільництва	**26**
1.2.2.1. Вулики, заставна дошка та утеплювальна мата з міскантуса	**27**
1.2.2.2. Використання будівельної рамки для регулювання закліщеності бджолиних сімей	**33**
1.3. Кероване бджолозапилення, як важливе технологічне рішення для сталого бджільництва *Леонора Адамчук, Діна Лісогурська, Світлана Фурман, Ольга Лісогурська*	**36**
1.4. Стан і динаміка органічного бджільництва в умовах екологічної трансформації агросектору України *Діна Лісогурська, Леонора Адамчук, Світлана Фурман, Ольга Лісогурська*	**39**
Перелік використаних джерел до Підрозділів 1.2–1.4	**44**
РОЗДІЛ 2. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ **Олександр Міщенко, Олеся Литвиненко, Геннадій Боднарчук, Леонід Романенко, Дмитро Криворучко**	**52**
2.1. Особливості способів тимчасової ізоляції бджолиних маток: вплив на функціональний стан і продуктивність бджолиних сімей	**53**
2.1.1. Обґрунтування оптимальних строків ізоляції бджолиних маток для зменшення втрат енергії бджолами по догляду за розплодом та його ритмічне відтворення	**56**
2.1.2. Дослідження репродуктивної функції бджолиних маток шляхом обліку розплоду після їх тимчасової ізоляції.	**60**
2.1.3. Трофічні зв'язки медоносних бджіл в системі «соняшник-бджола»	**62**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 2.1	**67**
2.2. Методичні підходи до з'ясування впливу різних біотехнологічних прийомів на продукування бджолиного маточного молочка	**69**
2.2.1. Обґрунтування особливостей прийому на виховання личинок залежно від продукування маточного молочка бджолами української степової та карпатської порід	**73**
2.2.2. Вплив підтримуючого та інтенсивного медозбору на кількість прийнятих личинок сім'ями-вихователькими, синтез маточного молочка та стан бджолиних сімей	**77**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 2.2	**83**

РОЗДІЛ 3. ПОТЕНЦІЙНІ РИЗИКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я БДЖОЛОСІМЕЙ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ
Олена Євтушенко, Діна Лісогурська, Леонора Адамчук **86**

3.1. Інтегровані підходи до управління здоров'ям бджіл
Леонора Адамчук **87**

3.2. Основні потенційно небезпечні хімічні елементи для бджіл
Олена Євтушенко **89**

3.2.1 Важкі метали **90**

3.2.2 Пестициди **91**

3.2.3 Інші хімічні елементи **92**

3.3. Аналіз даних щодо хімічних токсикозів бджіл
Олена Євтушенко **94**

3.3.1 Статистика хімічних токсикозів бджіл в Україні (2023–2024 роки) **95**

3.3.2 Частка хімічних токсикозів бджіл у структурі загальної патології бджіл **100**

3.4. Вміст неорганічних елементів у меді та імаго бджіл: порівняльний аналіз і екологічна оцінка
Олена Євтушенко, Діна Лісогурська **102**

Перелік використаних джерел до Розділу 3 **112**

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕЧНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ПРОДУКТІВ БДЖІЛЬНИЦТВА
Леонора Адамчук, Ольга Лісогурська, Діна Лісогурська, Світлана Фурман **117**

4.1. Новітні підходи до ідентифікації та автентифікації меду
Леонора Адамчук **118**

4.1.1. Ультрафільтрація та пастеризація меду: суть, ризики та нормативні наслідки **120**

4.1.2. Типові сорти монофлорного меду в Україні **122**

Перелік використаних джерел у Підрозділі 4.1 **125**

4.2. Біохімічний профіль та безпечність органічного меду
Світлана Фурман, Діна Лісогурська, Ольга Лісогурська, Леонора Адамчук **126**

Перелік використаних джерел у Підрозділі 4.2 **134**

4.3. Динаміка показників меду в процесі зберігання
Світлана Фурман, Діна Лісогурська, Ольга Лісогурська, Леонора Адамчук **138**

Перелік використаних джерел до Підрозділу 4.3 **144**

4.4. Технологічні детермінанти якості та безпечності прополісу
Діна Лісогурська, Світлана Фурман, Ольга Лісогурська **146**

Перелік використаних джерел до Підрозділу 4.4 **151**

РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ МОНОФЛОРНИХ СОРТІВ МЕДУ
Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко, Леонора Адамчук, Ян Бріндза **152**

5.1. Передумови збільшення обсягів виробництва якісного сортового меду в Україні
Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко **153**

5.2. Особливості монофлорного меду з *Robinia pseudoacacia*
Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко **157**

5.3. Характеристика монофорного гречаного меду
Лариса Акименко, Людмила Лазарєва, Володимир Постоєнко **163**

5.4. Монофлорний соняшниковий мед *(Helianthus annuus)*
Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко **170**

5.5. Пилковий профіль та показники якості липового меду	
Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко	**180**
Перелік використаних джерел до Підрозділів 5.1–5.4	**193**
5.6 Перспективи виробництва монофлорного фацелієвого меду (*Phacelia tanacetifolia* Benth) в Україні	
Леонора Адамчук, Ян Бріндза	**197**
Перелік використаних джерел у Підрозділі 5.6	**209**
РОЗДІЛ 6. ПРОДУКТИ БДЖІЛЬНИЦТВА У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	
Леонора Адамчук, Артем Антонів, Ян Бріндза	**211**
6.1. Використання біологічно активних продуктів бджільництва у технологіях здорового харчування	
Леонора Адамчук, Ян Бріндза	**212**
6.1.1. Мед, як предмет технологічного перероблення в харчові продукти	**212**
6.1.2. Бджолине обніжжя і перга, як предмети технологічного перероблення в харчову продукцію	**216**
6.1.3. Аналітичний огляд ринку сировини та інноваційних технологій оздоровчих харчових продуктів рослинного походження	**219**
6.1.4. Оцінювання сировини для розроблення рецептур десерту медового оздоровчого призначення	**232**
6.1.5. Розроблення рецептур десерту медового оздоровчого призначення	**240**
6.1.6. Аналіз результатів споживчого оцінювання нового медового десерту оздоровчого призначення	**245**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 6.1	**257**
6.2. Технологія оздоровчих м'ясних снеків тривалого терміну зберігання	
Артем Антонів, Ян Бріндза	**270**
6.2.1 Актуальність виробництва снеків оздоровчого призначення	**270**
6.2.2 Властивості продуктів бджільництва, як сировини для виробництва м'ясних снеків	**276**
6.2.3 Особливості технології оздоровчих м'ясних снеків	**285**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 6.2	**291**
РОЗДІЛ 7. СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ЗБОРУ ПРОПОЛІСУ	
Роман Двикалюк	**296**
7.1. Наукове обґрунтування збільшення виробництва прополісу для новітніх харчових технологій	**296**
7.2. Передумови, методи та типи матеріалів для збору прополісу	**303**
7.3. Результати експериментальних досліджень використання колекторів з різним типом сіток	**305**
Перелік використаних джерел до Розділу 7	**314**
РОЗДІЛ 8. ЗАСТОСУВАННЯ ВОДНОГО ЕКСТРАКТУ ПРОПОЛІСУ У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	
Владислав Сухенко, Денис Солдатов, Леся Авдєєва, Ірина Осипенкова, Євгеній Сухенко	**320**
8.1. Характеристика водного екстракту прополісу	**321**
8.1.1. Хімічний склад і біологічна активність	**321**
8.1.2. Методики отримання ВЕП	**321**
8.1.3. Порівняння з іншими природними консервантам	**322**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.1	**323**

8.2. Застосування ВЕП у м'ясних продуктах	**325**
8.2.1. Напівкопчені ковбаси	**325**
8.2.2. Досвід зарубіжних та українських виробників	**326**
8.2.3. Порівняльний аналіз термінів зберігання	**326**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.2	**327**
8.3. Застосування ВЕП у плодово-овочевій продукції	**328**
8.3.1. Принципи застосування на яблуках, грушах, спаржі	**328**
8.3.2. Антиоксидантна активність і збереження товарного вигляду	**329**
8.3.3. Вплив на біохімічні процеси дозрівання	**330**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.3	**330**
8.4. Інтеграція ВЕП у пакувальні матеріали	**331**
8.4.1. Активне пакування: механізм дії та технології виготовлення	**331**
8.4.2. Типи активних пакувальних матеріалів з ВЕП	**331**
8.4.3. Можливості розширення функціоналу пакування з ВЕП	**332**
8.4.4. Промислове виробництво та економічна ефективність	**332**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.4	**333**
8.5. Комплексні токсикологічні дослідження	**335**
8.5.1. Токсикологічні дослідження ВЕП	**335**
8.5.2. Дослідження репродуктивної токсичності та тератогенності	**336**
8.5.3. Мутагенні та канцерогенні дослідження	**336**
8.5.4. Алергенність та сенсибілізуючі властивості	**336**
8.5.5. Безпечність використання у харчових продуктах	**337**
8.5.6. Законодавчі обмеження в Україні	**337**
8.5.7. Законодавчі вимоги ЄС та міжнародне регулювання	**337**
Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.5	**338**
Загальний висновок щодо досліджень ВЕП	**340**
ДОДАТКИ	**341**
АНОТАЦІЯ	**349**

АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ

Авдєєва Леся Юріївна, доктор технічних наук, завідувач лабораторії тепломасопереносу в багатокомпонентних дисперсних системах відділу тепломасообміну і гідродинаміки в елементах теплоенергетичного устаткування Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ.

Адамчук Леонора Олександрівна, доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Інституту ветеринарної медицини НААН України, голова правління ГО «Фундація жінок пасічниць», віце-президентка ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб», м. Київ.

Акименко Лариса Іванівна, кандидат біологічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник лабораторії методів оцінки якості та безпечності продукції бджільництва ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», м. Київ.

Антонів Артем Дмитрович, PhD з харчових технологій, Президент ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб», м. Київ.

Боднарчук Геннадій Леонідович, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії апробації наукових розробок та музейної роботи ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ.

Бріндза Ян, PhD з біотехнологій, доцент, засновник International network of the institution and researcher of international research, education and development programme “Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality”, Словацький сільськогосподарський університет в Нітрі, Словаччина.

Двикалюк Роман Мар’янович, PhD, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Голова правління ГС «Асоціація керованого запилення «BeesAgro».

Євтушенко Олена Сергіївна, PhD, співзасновниця ТОВ Науково-виробниче об’єднання «Апімедікум», керуюча напрямом здоров’я бджіл у ГО «Фундація жінок пасічниць», м. Харків.

Криворучко Дмитро Іванович, кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри фізіології хребетних і фармакології Національного університету біоресурсів і природокористування України, доцент, м. Київ.

Лазарєва Людмила Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач лабораторії методів оцінки якості та безпечності продукції бджільництва ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», м. Київ.

Литвиненко Олеся Миколаївна, кандидат біологічних наук, заступник директора з наукової роботи ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», старший дослідник, м. Київ.

Лісогурська Діна Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури Поліського національного університету, доцент, членкиня правління ГО «Фундація жінок пасічниць», м. Житомир.

Лісогурська Ольга Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури Поліського національного університету, доцент, членкиня ГО «Фундація жінок пасічниць», м. Житомир.

Міщенко Олександр Антонович, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії технологій утримання бджіл і виробництва продукції бджільництва ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ.

Осипенкова Ірина Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри харчових технологій Черкаського державного технологічного університету, м. Черкаси.

Постоєнко Володимир Олексійович, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, в. о. директора ННЦ « Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», м. Київ.

Романенко Леонід Іванович, науковий співробітник лабораторії апробації наукових розробок та музейної роботи ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ

Солдатов Денис Костянтинович, генеральний директор ТОВ «Пчелопродукт», віце-президент ГО «Всеукраїнська асоціація апітерапевтів», експерт Міжнародного Проєкту SaveBees, засновник газети «Пасіка від «А» до «Я», м. Харків.

Сухенко Владислав Юрійович, доктор технічних наук, професор кафедри харчових технологій Черкаського державного технологічного університету, член Академії технічних наук України, провідний науковий співробітник відділу тепломасообміну та гідродинаміки у елементах теплоенергетичного устаткування Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України, провідний аудитор ISO 9001, ISO 45000, ISO 14001, ISO 14064, ISO 22000, ISCC EU компаній Bureau Veritas та TÜV Austria, м. Київ.

Сухенко Євгеній Владиславович, аспірант кафедри технології м’ясних, рибних та морепродуктів, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ.

Фурман Світлана Володимирівна, кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри ветеринарної епідеміології Поліського національного університету, членкиня ГО «Фундація жінок пасічниць», м. Житомир.

ПЕРЕДМОВА

У сучасних умовах екологічної трансформації та пошуку сталих рішень у сільському господарстві, бджільництво постає не лише як галузь виробництва, а як модель екоорієнтованого мислення, терапевтичного ресурсу та культурної ідентичності. Представлена монографія є результатом міждисциплінарного дослідження, що поєднує екологію, апітерапію, біотехнології, харчові технології, а також аналітичні методи дослідження.

Наукова новизна роботи полягає у систематизації підходів до сталого та органічного бджільництва на засадах впровадження сучасних спектроскопічних та хроматографічних методик, встановлення автентичності продуктів бджільництва та використання біокомпонентів у технологіях здорового харчування.

Практичне значення монографії визначається її здатністю слугувати методичним орієнтиром для науковців, аграріїв, бджолярів, технологів харчової промисловості; формувати екологічні та етичні стратегії для підтримки біорізноманіття й здоров'я бджолиних сімей; сприяти національній економіці України через вивчення монофлорного меду як експортного пріоритету; становити основу для брендування продуктів бджільництва на європейському ринку з акцентом на автентичність і безпечність.

Редколегія безмежно вдячна усім авторам і дослідникам, чий багаторічний досвід, енергія та ідеї стали основою цього видання. Особлива подяка висловлюється ГО «Фундація Жінок Пасічниць», яка продовжує просувати освітні, наукові, культурні та екологічні ініціативи, що надихають на нові форми співпраці між наукою, агросектором і суспільством. Висловлюємо глибоку вдячність науковим установам, організаціям та партнерам, які підтримували дослідницькі процеси, надавали доступ до ресурсів, допомагали у проведенні аналітичних робіт, агротехнологічних експериментів та підготовці до видання.

Авторський колектив висловлює щиру подяку рецензентам, які здійснили фахову оцінку наукового змісту цієї монографії, надали конструктивні зауваження та сприяли вдосконаленню структури і стилю видання.

Ми щиро вдячні Міжнародному Вишеградському фонду за підтримку цього наукового проєкту. Міжнародна підтримка, міжрегіональний обмін досвідом та творче середовище, що були забезпечені Фондом, стали важливою основою для реалізації міждисциплінарного дослідження, присвяченого сталому розвитку бджільництва та впровадженню екологічно-орієнтованих технологій. Публікація монографії стала символом спільного прагнення до сталого розвитку, наукової відкритості й культурного діалогу в Центрально-Східній Європі. Автори Леонора Адамчук (№52410408) та Артем Антонів (№52410255) щиро дякують Міжнародному Вишеградському фонду за надані стипендії та можливість дослідницького стажування, у межах яких було отримано результати та знання, представлені в цій науковій праці.

Видавничий дім «Юкрейніен Саєнс Хаб» із гордістю підтримує публікацію цієї монографії як частини своєї місії – поширювати знання, що формують нове екологічне майбутнє України. Голова редакційної колегії Леонора Адамчук, висловлює впевненість, що робота стане джерелом натхнення для науковців, практиків та всіх небайдужих до світу бджіл.

Поряд з цим, заявляємо, що редколегія та рецензенти намагалися мінімізувати вплив на висловлені оригінальні думки співавторів-науковців. Тому, висловлені в цій монографії думки, оцінки та висновки належать авторам і не обов'язково відображають позицію видавництва. Видавничий дім «Юкрейніен Саєнс Хаб» не несе відповідальності за достовірність фактів, що містяться у тексті, та за можливі наслідки їх застосування.

РОЗДІЛ 1

СТРАТЕГІЧНІ ОРІЄНТИРИ СТАЛОГО БДЖІЛЬНИЦТВА

Леонора Адамчук
доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник
Інститут ветеринарної медицини НААН
02000, вул. Донецька, 30, м. Київ, Україна
ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб»
07401, вул. Дмитра Янченка, 2, м. Бровари, Київська обл., Україна
✉ *leonora.adamchuk@gmail.com*

Leonora Adamchuk
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher
Institute of Veterinary Medicine, NAAS
02000, Donetska St., 30, Kyiv, Ukraine
IRI «Ukrainian Science Hub»
07401, Dmytra Yanchenko St., 2, Brovary, Kyiv Region, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0003-2015-7956*

Ольга Лісогурська
кандидат сільськогосподарських наук
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Поліський національний університет
10002, бульвар Старий, 7, м. Житомир, Житомирська обл., Україна
✉ *lisogurskaya2016@gmail.com*

Olha Lisohurska
PhD in Agricultural Sciences
Associate Professor of the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture
Polissia National University
10002, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Zhytomyr Region, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-3553-9351*

Діна Лісогурська
кандидат сільськогосподарських наук
завідувач кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Поліський національний університет
10002, бульвар Старий, 7, м. Житомир, Житомирська обл., Україна
✉ *lisogurskadina@gmail.com*

Dina Lisohurska
PhD in Agricultural Sciences
Head of the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture
Polissia National University
10002, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Zhytomyr Region, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-2559-6520*

Світлана Фурман
кандидат ветеринарних наук
доцент кафедри ветеринарної епідеміології
Поліський національний університет
10002, бульвар Старий, 7, м. Житомир, Житомирська обл., Україна
✉ *svitlana.furman@ukr.net*

Svitlana Furman
PhD in Veterinary Sciences
Associate Professor of the Department of Veterinary Epidemiology
Polissia National University
10002, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Zhytomyr Region, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-1079-5797*

У розділі розглянуто глобальну проблему зменшення чисельності бджіл, зокрема медоносної бджоли (Apis mellifera), що створює загрозу для біорізноманіття, продовольчої безпеки та стійкості агроекосистем. Проаналізовано основні чинники вимирання бджіл: варооз, вірусні й паразитарні хвороби, вплив пестицидів, деградація природних середовищ, кліматичні зміни та скорочення кормової бази. Наголошено на необхідності інтегрованих підходів до збереження популяцій бджіл, включаючи екологізацію землеробства, селекцію стійких підвидів, моніторинг бджолиних сімей і просвітницьку роботу. Особливу увагу приділено європейському досвіду в контексті реалізації Європейського зеленого курсу та принципів «Єдиного здоров'я». Обґрунтовано доцільність впровадження сталих рішень на державному і локальному рівнях для адаптації бджільництва до нових екологічних викликів. Узагальнено сучасні наукові дані, що підкреслює як наукову, так і практичну значущість дослідження.

This Chapter examines the global decline in bee populations, particularly the honeybee (Apis mellifera L.), highlighting its impact on biodiversity, food security, and agroecosystem resilience. It explores the primary causes of bee mortality, including varroosis, viral and parasitic diseases, pesticide exposure, habitat degradation, climate change, and the diminishing availability of forage resources. The necessity of integrated bee conservation strategies is emphasized, encompassing ecological transitions in agriculture, breeding of resistant subspecies, colony health monitoring, and educational outreach. Special attention is given to the European experience, particularly in the context of the European

Green Deal and the One Health approach. The implementation of sustainable solutions at national and local levels is presented as essential for adapting beekeeping to evolving environmental challenges. The Chapter synthesizes current scientific data, underscoring both the academic and practical significance of the research.

1.1. Принципи сталого бджільництва

Леонора Адамчук

Сталий розвиток бджільництва є ключовим фактором забезпечення продовольчої безпеки, збереження біорізноманіття та підтримки екосистемних послуг. З огляду на глобальні виклики, такі як зміна клімату, втрата середовищ існування та зниження чисельності запилювачів, виникає необхідність у впровадженні принципів сталого бджільництва, які сприяють довгостроковій життєздатності бджолиних сімей та екологічній рівновазі.

Сучасні дослідження стосуються думки бджолярів щодо переходу до практик стійкого бджільництва (*Almutlaq et al., 2025; Rahimi et al., 2025*), вивчення потенціалу галузі та її трансформації для збереження природних ресурсів та скорочення бідності (*Hunde, 2025*). Значна увага приділяється визначенню основних екологічних та метеорологічних факторів, методам утримання бджіл та придатності ландшафтів для ведення бджільництва. Так, останні експерименти у Північній Америці стосувалися оцінювання виживання бджолиних сімей у природних умовах без втручання людини і з мінімальним, щоб зрозуміти частку антропогенного впливу. За результатами, лише 64 % території Каліфорнії було приданими для утримання бджіл *(Gharakhanlou et al., 2025*). Ймовірно саме це, зумовлює постійні втрати бджолиних сімей в Америці.

Інша група дослідників, вважає основою стійкого бджільництва підтримку індивідуального та соціального імунітету бджіл. *Hariprasath* (*et al., 2025*) переконують, що підтримка збалансованого мікробіому середньої кишки бджіл за допомогою інженерії може посилити стійкість бджіл до хвороб, тим самим вирішуючи проблему скорочення популяції запилювачів у всьому світі. Доведено, що кишковий мікробіом відіграє незамінну роль у здоров'ї бджіл, регулюючи імунну функцію, засвоєння поживних речовин та захист від патогенів. Специфічні бактеріальні таксони, такі як *Lactobacillus, Bifidobacterium, Snodgrassella, Apibacter, Frischella* та *Gilliamella*, демонструють пробіотичні, антимікробні та симбіотичні властивості, що захищають гомеостаз середньої кишки бджоли.

Прихильники органічного бджільництва, вважають його невід’ємною часткою стійкості запилювачів та довкілля. Так, методи органічного бджільництва гарантують високу якість бджільницької продукції, сприяють здоров'ю бджіл та збереженню навколишнього середовища. Вони представляють екологічно обґрунтований підхід, який надає пріоритет захисту різноманітності екосистем, добробуту тварин та сталому використанню природних ресурсів *(Kose, 2025).*

Стале бджільництво передбачає методи утримання, які враховують перспективні стратегії для пом'якшення кліматично-орієнтованих стресових факторів. Глобальні зміни клімату створюють значні загрози для здоров'я бджіл та їхньої продуктивності, включаючи змінені схеми забезпечення кормовими ресурсами, скорочення біорізноманіття квітучих видів рослин, підвищену сприйнятливість до шкідників та хвороб, а також порушення динаміки розвитку бджолиних сімей. До прикладу, в Австралії ці проблеми посилюються екстремальними погодними явищами, такими як хвилі спеки, посухи та лісові пожежі (*Richardson & Thompson, 2025*). Так, науковці пропонують застосовувати адаптивні методи бджільництва, серед яких ключові: селекція кліматично стійких ліній бджіл; оптимізоване розміщення пасік для захисту від екстремальних погодних умов; додаткове кормозабезпечення в періоди дефіциту природних ресурсів; інтегровану боротьбу із хворобами та шкідниками, в тому числі контроль кліщів Варроа та інших стресових факторів. Для стійкості медоносних бджіл використовують різноманітні білкові підгодівлі. *Pavlović (et al., 2025)* рекомендують трутневий розплід, який зазвичай викидається під час боротьби з

кліщем *Varroa destructor*. Вчені пропонують використовувати борошно з трутневого розплоду, як життєздатне джерело білків, жирів та мінералів, що має антимікробні властивості.

Додатково досліджується роль відновлення середовища існування та збереження місцевої флори у підтримці популяцій медоносних бджіл *(Payne et al., 2025)*. Втрата середовища існування є основною рушійною силою глобального скорочення біорізноманіття, що негативно впливає на багато видів, включаючи місцевих бджіл. Одним із підходів до протидії наслідкам втрати середовища існування є відновлення, яке включає трансформацію деградованих або пошкоджених середовищ існування для збільшення біорізноманіття.

Таким чином, до основних принципів сталого бджільництва, на які звертає увагу світова спільнота, можемо віднести наступні.

Принцип 1 – Збереження та використання місцевих підвидів (порід) бджіл. Використання місцевих адаптованих підвидів (порід) бджіл сприяє підвищенню стійкості до хвороб та екологічних стресорів. Дослідження показують, що місцеві бджоли краще пристосовані до умов свого середовища, що знижує потребу в інтенсивному втручанні людини та додатковому використанні ветеринарних препаратів.

Принцип 2 – Екологічно безпечне управління пасікою. Стале бджільництво передбачає мінімальне використання хімічних препаратів, засобів, штучних матеріалів та впровадження інтегрованих методів боротьби з шкідниками. Це включає біологічні, технологічні та механічні методи контролю, що зменшують негативний вплив на бджіл та навколишнє середовище.

Принцип 3 – Збереження та відновлення природних середовищ існування. Забезпечення доступу бджіл до різноманітних квіткових (нектарних та пилкових) ресурсів та рослинних смол (рослини, що продукують сировину для прополісу) впродовж усього сезону є критичним для їхнього виживання. Сприяння збереженню природних середовищ та висаджування медоносних рослин підвищує доступність нектару та пилку, що позитивно впливає на здоров'я й соціальний імунітет бджолиних сімей.

Принцип 4 – Впровадження технологій точного бджільництва. Використання сучасних технологій, таких як сенсори, системи моніторингу та ШІ-інструменти, дозволяє бджолярам отримувати реальні дані про стан бджолиних сімей, що сприяє своєчасному виявленню проблем та прийняттю обґрунтованих рішень.

Принцип 5 – Підвищення обізнаності та освіта бджолярів. Постійне навчання та обмін знаннями між бджолярами сприяє впровадженню кращих практик та адаптації до змінних умов. Освітні програми та семінари допомагають поширювати інформацію про практику стійкого бджільництва.

Імплементація принципів сталого бджільництва є необхідною для забезпечення довгострокової життєздатності бджолиних сімей та збереження екосистемних послуг. Поєднання традиційних знань з сучасними технологіями та підходами дозволяє створити ефективну та екологічно безпечну систему бджільництва.

Симбіотичні взаємодії між бджолами та їхнім середовищем існування демонструють потенціал бджільництва як екологічно стійкої практики. Виконуючи функцію запилювачів, бджоли відіграють ключову роль у підтримці екосистемної стабільності та збереженні біорізноманіття. Запилення, яке вони здійснюють, є критично важливим для репродукції багатьох рослинних видів, зокрема сільськогосподарських культур, що формують основу аграрної економіки. Крім того, бджільництво сприяє диверсифікації джерел доходу, знижуючи економічні ризики, пов’язані з монокультурним землеробством, та підвищуючи адаптивну стійкість домогосподарств до зовнішніх економічних чинників.

Бджільництво має значний потенціал як інструмент сталого розвитку сільських територій, забезпечуючи інтеграцію економічного зростання, соціальної згуртованості та екологічного управління. Завдяки синергетичному зв’язку між бджолами, біорізноманіттям та місцевими громадами, воно сприяє трансформації сільських ландшафтів та моделей господарювання.

Однак ефективна реалізація цього потенціалу потребує скоординованих заходів для подолання існуючих викликів та бар'єрів, що стримують широке впровадження бджільницьких практик. Інтегровані підходи та спільні дії здатні розкрити трансформаційну роль бджільництва, сприяючи формуванню стійких, адаптивних та самодостатніх сільських громад, здатних до довгострокового розвитку.

Загалом, бджільництво є екологічною, економічною та соціальною основою сталого розвитку нашого суспільства. Першим підтвердженням цього, з точки зору екології, є те що бджоли відіграють роль біоіндикаторів довкілля. Бджоли чутливі до забруднення, пестицидів, важких металів, а їхня поведінка та продукція відображають стан екосистеми у ареалі їхньої життєдіяльності. У бджолиному гнізді накопичуються токсичні речовини, що дозволяє використовувати рамки, віск та самих комах для екологічного моніторингу. Друге – збереження біорізноманіття. Запилення понад 80% ентомофільних рослин є ключовим процесом для підтримки флористичного різноманіття. Органічне бджільництво сприяє сталому землекористуванню, зменшенню монокультур та збереженню природних ландшафтів. Третє - адаптація до змін клімату. Бджільництво підтримує агроекосистеми, які краще витримують кліматичні стреси, а використання запилювачів та медоносів (фацелія, еспарцет, гречка) є однією із стратегій для «зеленого» відновлення деградованих земель.

Для України, економічною основою для сталого розвитку є експортний потенціал бджільництва з часткою до 5% світового виробництва та висока рентабельність продуктів, що мають попит у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловостях. У більш глобальному сенсі, економічним підґрунтям є диверсифікація аграрного сектору: бджільництво інтегрується з рослинництвом, садівництвом, лісовим господарством; створює малі підприємства з високою доданою вартістю, особливо в сільських громадах.

Соціальною складовою бджільництва є підвищення стійкості суспільства. Зайняття бджільництвом – це вид зайнятості, що доступний для жінок, ветеранів, людей з обмеженими можливостями, що має позитивний вплив на психоемоційний та фізичний стан здоров'я людей. «Зелений» апітуризм, апітерапія, соціальні бджолині ферми чи міські парки з апіарттерапією, готелями для запилювачів мають потенціал для розвитку у спеціальні програми інтеграції населення до нових соціальних викликів.

Ця колективна монографія об'єднує сучасні знання та результати досліджень, які в комплексі націлені на розвиток сталого бджільництва в Україні, поширення культури споживання продуктів бджільництва та глибокої їх переробки у харчовій та інших галузях.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 1.1

Adamchuk L. (2022) *Safety and quality of beekeeping products: Monograph*. Kyiv. NULES of Ukraine, 100. [eng].

Adamchuk L. O., Suchenko V. Yu., Pshinko G. M. (2020) Quality and safety indicators of Ukrainian honey. Стандартизація, сертифікація, якість. 7 (119), 38–45.

Almutlaq, A. M., Al-Shayaa, M. S., Dabiah, A. T., Alfridi, J. S., & Alsanhani, A. N. (2025). Adoption of Sustainable Beekeeping Practices Among Rural Women in Hail Region, Kingdom of Saudi Arabia: Implications for Agricultural Extension. *Sustainability*, *17*(9), 4186. https://doi.org/10.3390/su17094186

Chander, S., Kaur, B., Malik, J. S., Boora, S., Singh, B., & Sheoran, A. R. (2025). Assessment of Beekeeping Knowledge among Farmers in Haryana. *Indian Journal of Extension Education*, *61*(1), 73–77.

Gharakhanlou, N. M., Perez, L., & Henry, E. (2025). Evaluating environmental, weather, and management influences for sustainable beekeeping in California and Quebec: Enhancing beehive survival predictions. *Journal of Environmental Management*, *373*, 123783.

Hariprasath, K., Mohankumar, S., Sudha, M., Saranya, N., & Saminathan, V. R. (2025). The Role of Honeybee Gut and Honey Microbiome in Sustainable Bee and Human Health. *Journal of Pure & Applied Microbiology*, *19*(1).

Hunde, T. A. (2025). The Potential and Transformation of Beekeeping for Natural Resource Conservation and Poverty Reduction in the Case of Ethiopia: A Review. *International Journal*, *13*(1), 1–13.

Kose, S. (2025). Organic and Sustainable Beekeeping: Practice in the World. In *Organic Food Production* (pp. 188-212). CRC Press.

Olshanskyi, A. (2025). Economic Benefits of Implementing Apitherapy Technologies in Healthcare in Ukraine and the USA. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*, (14).

Pavlović, R., Crailsheim, K., Petrović, M., Goessler, W., & Zarić, N. M. (2025). Recycling honey bee drone brood for sustainable beekeeping. *Journal of economic entomology*, *118*(1), 37–44.

Payne, H. E., Mazer, S. J., & Seltmann, K. C. (2024). Native bee habitat restoration: key ecological considerations from recent North American literature. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *12*, 1358621.

Pylypko, K., Adamchuk, L., Antoniv, A., & Sevin, S. (2022). Justification of approaches to development of the standard civil society organization based on international experience. *Technology audit and production reserves*, *5*(2/67), 30–37.

Rahimi, M. K., Abbasi, E., Bijani, M., Tahmasbi, G., & Azimi Dezfouli, A. (2025). Assessment of Sustainability Trend of Apicultural Industry: Evidence from Beekeepers in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *27*(1), 63–79.

Richardson, E., & Thompson, D. (2025). Adaptive Beekeeping Strategies to Mitigate Climate Impacts on Honey Bees in Australia. *GRJESTM*, *1*(1), 19–27. https://odaswa.com/index.php/grjestm/article/view/22

Ryals, D. K., Buschkoetter, A. C., Given, J. K., & Harpur, B. A. (2025). Individual and social heterosis act independently in honey bee (Apis mellifera) colonies. *Journal of Heredity*, *116*(1), 54–61.

Sedláčková, V. H., Šramková, K. F., Harutyunyan, Z., Pylypko, K., & Adamchuk, L. (2022). Evaluation of honeys in some quality indicators obtained from different plant species and locations. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, *6*(2).

Senavirathna, C., Samarasinghe, T. D., & Fernando, W. G. S. T. Higher Education and the Beekeeping Industry in Sri Lanka: Results from an Exploratory Study in Universities. In *Conference Secretaries* (p. 60).

Topal, E., Adamchuk, L., Negri, I., Kösoğlu, M., Papa, G., Dârjan, M. S., ... & Mărgăoan, R. (2021). Traces of honeybees, api-tourism and beekeeping: From past to present. *Sustainability*, *13*(21), 11659.

Vardakas, P., Mainardi, G., Minaud, E., Patalano, S., Rebaudo, F., Requier, F., ... & Hatjina, F. (2025). Unveiling beekeepers' use and preference of precision apiculture systems. *Journal of Apicultural Research*, *64*(2), 647–656.

Адамчук, Л. О., Постоєнко, Г. В., Баль-Прилипко, Л. В., Двикалюк, Р. М., Антонів, А. Д., & Пилипко, К. В. (2022). Дослідження меду натурального на вміст залишків антибіотиків. *Наукові праці НУХТ*. 28 (2), 153–162.

Адамчук, Л., Лісогурська, Д., Євтушенко, О., Фурман, С., Двикалюк, Р., Лісогурська, О., Пилипко, К., Сенчук, Т., Діхтяр, О., Антонів, А., Скрипка, Г., Гусятинська, О. [під заг. ред. Л. Адамчук]. Бджільництво: вектори наукових досліджень. Монографія. Київ : НУБіП України, 2022. 386 с. ISBN 978-617-8102-75-3

Лісогурська, Д. В., Лісогурська, О. В., Фурман, С. В., & Адамчук, Л. О. (2022). Забезпеченість бджолозапилення основних сільськогосподарських ентомофільних культур в Україні. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*, (4), 47.

1.2. Вимирання бджіл: виклики та технологічні рішення для збереження популяцій і сталого бджільництва

Ольга Лісогурська, Діна Лісогурська, Світлана Фурман

1.2.1. Проблема вимирання бджіл. Протягом останніх десятиліть бджільництво занепадало як в Європі, так і у США, про що свідчить зменшення чисельності бджолиних сімей медоносної (*Apis mellifera* L.*)* (*Ellis et al., 2010; Potts et al., 2010*). За даними *Neumann and Carreck* (2010), ці втрати у США становлять приблизно 30%, у Європі – 1,8–53%, в Японії – 25%, у Середній Азії – 10–85%. Вчені розглядають декілька можливих причин вимирання бджолиних сімей, включаючи мобільні телефони, генетично модифіковані організми та нанотехнології, та більш імовірні пояснення, такі як шкідники та хвороби, пестициди, погіршення кормової бази та інтенсивні технології у бджільництві.

Dahle (2010) дослідив, що регіони, в яких поширений кліщ Вароа (США, Європа, Середня Азія, Японія), мають більші втрати бджіл, ніж ті, де його немає (Австралія, Південна Америка, Африка). Однак він наголошує, що кліщ сам по собі не зумовлює всі останні втрати. Згідно з даними *Kulhanek et al.* (2017), загибель бджолиних сімей влітку (23,6%) наближається до втрат після зимівлі (26,9%), що викликає особливе занепокоєння.

Дослідження, проведені *Potts et al.* (2010) у 18 європейських країнах, виявили скорочення чисельності бджолиних сімей у центральноєвропейських країнах та деяке збільшення в середземноморських. Ці результати автори пов'язують зі зменшенням кількості пасічників.

Hristov et al. (2020) провели огляд основних факторів, що впливають на втрати бджолиних сімей. Дослідження підкреслює, що зменшення чисельності бджіл є результатом сукупної дії кількох стресорів, включаючи паразитарні інфекції, вплив пестицидів, недостатнє живлення, зміни клімату та антропогенні фактори. Зокрема, автори зазначають, що паразити, такі як *Varroa destructor*, є одними з основних біологічних загроз для бджіл, послаблюючи імунну систему та сприяючи поширенню вірусів. Хімічні речовини, зокрема пестициди, можуть мати сублетальні ефекти, впливаючи на поведінку, навігацію та репродуктивну здатність бджіл. Недостатнє живлення, спричинене зменшенням різноманіття квіткових ресурсів, також негативно впливає на здоров'я бджіл. Крім того, кліматичні зміни та інтенсивне сільське господарство призводять до змін у середовищі існування бджіл, що додатково ускладнює їх виживання. Автори підкреслюють необхідність комплексного підходу до збереження бджіл, який включає моніторинг здоров'я бджолиних сімей, раціональне використання пестицидів, збереження та відновлення природних середовищ існування, а також підвищення обізнаності громадськості про важливість бджіл для екосистем.

Серед причин, які спричиняють загибель бджіл, *Neumann and Carreck* (2010) називає віруси (*Berthoud et al.,* 2010; *Carreck et al.,* 2010; *Martin et al.,* 2010), ноземоз (*Paxton,* 2010; *Santrac et al.,* 2010), варооз (*Carreck et al.,* 2010; *Dahle,* 2010; *Martin et al.,* 2010), пестициди та акарициди (*Chauzat et al.,* 2010; *Medrzycki et al.,* 2010), зменшення генетичного різноманіття (*Meixner et al.,* 2010) та втрата місць існування (*Potts et al.,* 2010).

Goulson *et al.* (2015) стверджують, що зниження чисельності медоносних бджіл і диких запилювачів спричинене сукупною дією кількох взаємопов'язаних стресових факторів: паразитів, пестицидів і зменшення кількості медоносів. Зокрема, одним із ключових паразитів є кліщ *Varroa destructor*, який викликає значні втрати серед бджолиних сімей. Хронічний вплив агрохімікатів, особливо неонікотиноїдів, негативно впливає на імунну систему бджіл, знижує їхню здатність до детоксикації і підвищує сприйнятливість до інфекцій. Окрім того, інтенсивне сільське господарство та втрата природних середовищ призводять до дефіциту квітучих рослин, що обмежує доступ запилювачів до нектару і пилку, необхідних для їхнього живлення та виживання. Дослідники підкреслюють, що ці стресори не діють ізольовано – їх взаємодія посилює негативний ефект. Наприклад, пестициди можуть послабити імунітет бджіл, унаслідок чого вони стають більш вразливими до паразитарних інвазій. На основі отриманих результатів автори рекомендують комплексні заходи для збереження популяцій запилювачів: інтеграцію квітучих середовищ у сільськогосподарські ландшафти, зниження

використання пестицидів, посилення біобезпеки при транспортуванні бджіл і систематичний моніторинг стану диких запилювачів. Це дослідження підкреслює необхідність міждисциплінарного та узгодженого підходу до збереження запилювачів, як одного з ключових компонентів сталого сільського господарства та продовольчої безпеки.

Neov et al. (2019) дослідили ключові причини загибелі бджолиних сімей і дійшли висновку, що високий рівень смертності серед бджіл зумовлений не окремими факторами, а їхньою сукупною дією. До основних біотичних чинників належать паразити, передусім кліщ *Varroa destructor*, різноманітні патогени – віруси, бактерії, гриби, а також конкуренція з іншими видами. Абіотичні чинники включають використання пестицидів, вплив змін клімату, забруднення навколишнього середовища та скорочення площ з квітковими рослинами, що слугують джерелом нектару й пилку. Автори наголошують, що саме взаємодія біотичних і абіотичних чинників підсилює негативний ефект, послаблюючи імунітет бджіл і підвищуючи їхню вразливість до хвороб та стресів. Для зменшення втрат бджолиних сімей рекомендується застосування інтегрованого підходу до ведення бджільництва, який передбачає регулярний моніторинг стану бджіл, обмеження використання шкідливих агрохімікатів, контроль паразитів, а також створення сприятливих умов із достатньою кількістю кормових ресурсів. Таким чином, збереження популяцій медоносних бджіл потребує цілісної стратегії, що враховує складну взаємодію екологічних, біологічних та антропогенних факторів.

Le Conte et al. (2020) зазначають, що в Європі існують популяції медоносних бджіл, які демонструють природну стійкість до кліща *Varroa destructor*, здатні виживати без застосування акарицидів. Ці популяції характеризуються зменшеним розвитком розплоду, обмеженим зростанням популяції кліщів та низькою репродуктивністю паразита. Однак такі риси можуть суперечити інтересам комерційного бджільництва. Автори підкреслюють необхідність адаптації селекційних програм до локальних умов та впровадження сучасних генетичних і фізіологічних методів відбору для створення стійких до Вароа ліній бджіл.

Büchler et al. (2020) провели масштабне багатоцентрове європейське дослідження з метою оцінки здатності медоносних бджіл пригнічувати розмноження паразитичного кліща *Varroa destructor*. Ця ознака, відома як SMR (Suppressed Mite Reproduction), розглядається як перспективний інструмент у селекційній роботі для підвищення природної стійкості бджіл до вароозу. У ході дослідження була розроблена стандартизована методика для оцінювання SMR, що забезпечує можливість порівняння результатів між бджолиними сім'ями з різних європейських країн. Аналіз даних показав, що окремі популяції бджіл мають високі рівні SMR, що вказує на генетичну спадковість цієї ознаки та її потенціал для впровадження у програми селекції. Автори рекомендують оцінювати не менше 35 бджолиних комірок, інфікованих одним кліщем, щоб отримати достовірні результати. При цьому дослідження не виявило суттєвих відмінностей між країнами або генотипами бджіл, що свідчить про широке розповсюдження ознаки SMR у європейських популяціях. Результати дослідження підкреслюють значення SMR як ключового індикатора при відборі бджолиних сімей для розведення. Застосування цього підходу дозволяє зменшити потребу у хімічних засобах боротьби з *Varroa destructor* і сприяє розвитку екологічно сталого бджільництва.

Nath et al. (2022) аналізують стрімке скорочення популяцій комах-запилювачів, що становить загрозу для глобального біорізноманіття та продовольчої безпеки. Згідно з їхніми дослідженнями, чисельність запилювачів зменшилася на 20–40%, що пов'язано з такими чинниками, як зміна клімату, втрата середовищ існування, використання пестицидів, хвороби та інвазивні види. Автори підкреслюють необхідність зменшення використання синтетичних пестицидів, заборони особливо токсичних речовин, боротьби з синдромом руйнування бджолиних сімей та відновлення природних середовищ існування для збереження популяцій запилювачів. Ці заходи є критично важливими для підтримки екосистемних послуг, які забезпечують запилювачі, та для стабільності сільськогосподарського виробництва.

Держави-члени Європейського Союзу постійно впроваджують різні програми моніторингу для оцінки впливу пестицидів на медоносних бджіл, особливо в регіонах з високим ризиком. У межах такого дослідження, проведеного в Італії протягом 2015–

2020 років, було проаналізовано 620 зразків, включаючи мертвих бджіл, обніжжя, мед та рослини. Ідентифікацію залишків хімічних речовин здійснено за допомогою рідинної та газової хроматографії в поєднанні з тандемною мас-спектрометрією. Результати показали наявність численних активних інгредієнтів, серед яких найчастіше виявляли тау-флувалінат, піперонілбутоксид, хлорпірифос, хлорпірифос-метил, перметрин та імідаклоприд. З-поміж виявлених речовин 38 належали до I та II класу небезпеки за токсикологічною класифікацією, зокрема метіокарб, метоміл, хлорпірифос, циперметрин та перметрин. Це вказує не лише на загрозу для запилювачів, але й на потенційний ризик для здоров'я людини. Дослідження демонструє, що навіть за наявності регламентуючих документів і рекомендацій, ризики забруднення пестицидами залишаються значними. Отже, інформація, отримана в межах програм моніторингу смертності медоносних бджіл та якості їх продукції, може бути ефективно використана в рамках концепції «Єдине здоров'я» для комплексної оцінки стану довкілля, здоров'я тварин і людини (*Martinello et al., 2021*).

Papa et al. (2021) розглядають багатогранну роль медоносної бджоли (*Apis mellifera*) як біологічного виду, що одночасно впливає на здоров'я людини, стан екосистем і функціонування аграрного виробництва. Автори наголошують, що бджола є не лише ключовим запилювачем сільськогосподарських культур, а й біоіндикатором забруднення навколишнього середовища та важливим елементом культурної спадщини. З точки зору агровиробництва, запилення медоносними бджолами сприяє збільшенню врожайності та покращенню якості продукції, особливо в ентомофільних культурах. Цей процес має безпосереднє значення для продовольчої безпеки, підтримання біорізноманіття та економічної стабільності аграрного сектору. Окрім цього, бджоли та продукти бджільництва (мед, віск, бджолине обніжжя) можуть використовуватись як чутливі біоіндикатори наявності забруднювачів у довкіллі, таких як пестициди, важкі метали, органічні токсиканти. Це дозволяє оцінювати екологічний стан місцевості та виявляти потенційні загрози для здоров'я людини. Також підкреслюється символічна та культурна роль бджоли, яка історично асоціюється з працьовитістю, гармонією, відновленням і духовністю. Цей культурний вимір формує глибший зв'язок між людиною та природою, сприяючи розвитку екологічної свідомості та стійких практик взаємодії з навколишнім середовищем. У підсумку, автори наголошують на необхідності міждисциплінарного підходу до збереження популяцій медоносної бджоли як одного з ключових компонентів екологічної та соціальної стійкості.

Di Noi et al. (2021) здійснили систематичний огляд наукових публікацій, присвячених сублетальним ефектам впливу забруднювачів навколишнього середовища на медоносних бджіл. Особлива увага приділяється прогалинам у знаннях і пріоритетам для майбутніх досліджень. Дослідники зазначають, що більшість робіт зосереджені на впливі інсектицидів, тоді як інші типи хімічних речовин – фунгіциди, гербіциди, важкі метали, наноматеріали – залишаються недостатньо вивченими. За цього найбільше експериментів проводиться в лабораторних умовах, що не завжди дозволяє врахувати складну дію стресорів у реальному середовищі. Ще одним важливим аспектом, якого часто не враховують дослідження, є вплив забруднювачів на різні стадії розвитку бджіл. Переважна більшість досліджень стосується дорослих особин, тоді як ефекти на личинок, лялечок або поведінкові механізми всередині бджолиних сімей вивчені фрагментарно. Географічно дослідження сконцентровані переважно в Європі та Північній Америці, що не дозволяє екстраполювати висновки на глобальному рівні. Автори закликають до розширення географії досліджень і наголошують на потребі у більш реалістичних методологіях, що враховують вплив комплексних факторів, характерних для агроекосистем. У підсумку, публікація окреслює гостру потребу у мультидисциплінарному підході до вивчення сублетальних ефектів хімічного забруднення на медоносних бджіл, що має критичне значення для збереження популяцій запилювачів та забезпечення стабільності екосистем.

У звіті Європейського агентства з безпеки харчових продуктів (EFSA) «Review of the evidence on bee background mortality» (EFSA Supporting Publication 2020:EN-1880), опублікованому у 2020 році, проаналізовано наявні дані щодо природної смертності бджіл.

Дослідження виявило значні відмінності в рівнях фонової смертності між різними кастами та ролями бджіл у сім'ях. Ці результати підкреслюють важливість врахування внутрішньоколоніальної структури та ролей бджіл при оцінці ризиків, пов'язаних із впливом пестицидів та інших стресорів. Розуміння природних рівнів смертності є ключовим для точного визначення додаткового впливу зовнішніх факторів на здоров'я бджолиних сімей (*EFSA, 2020*).

Згідно з літературними даними, з 1987 по 2016 р. збільшилась кількість загроз для популяцій медоносної бджоли. Якщо раніше головною причиною загибелі бджолиних сімей був варооз, то наразі їх цілий ряд – зміна клімату, інтенсифікація сільського господарства, знищення місць існування, інвазійні види та ін. Це призводить до більш стрімкого зменшення чисельності бджолиних сімей у світі (*Decourtye et al.,* 2019). Зокрема, в Україні з 1992 по 2017 р. кількість сімей популяції бджоли медоносної зменшилася з 3525,7 до 2487,1 тис., тобто у 1,4 раза (*Lisohurska et al.,* 2020).

Аналогічні результати дослідження щодо негативного впливу клімату та антропогенної діяльності на рослини і запилювачів, зокрема, й бджіл, отримали *Biesmeijer et al.* (2006). Вони переконливо свідчать про причинно-наслідковий зв'язок між вимиранням функціонально пов'язаних видів рослин і запилювачів і доводять, що зміна клімату є потенційно найсерйознішою загрозою для біорізноманіття запилювачів. Вона зумовлена двома факторами – кліматичною кризою та господарською діяльністю людини (*Neumann and Carreck,* 2010; *Lisohurska et al.,* 2020).

Jones *et al.* (2021), проаналізували зміни в джерелах нектару та пилку, які використовують медоносні бджоли у Великій Британії, порівнюючи дані з 1952 та 2017 років. Використовуючи метод ДНК-метабаркодингу для аналізу 441 зразка меду, вони виявили значні зміни у складі рослин, які бджоли відвідують для збору корму. Зокрема, частота використання білої конюшини (*Trifolium repens*) зменшилася з 74% у 1952 році до 31% у 2017 році, а червоної конюшини (*T. pratense*) – з 5% до 1%. Натомість, збільшилося використання ожини (*Rubus spp.*), яка стала основним джерелом нектару для бджіл у 2017 році, зростаючи з 5% до 31%. Ці зміни пов'язані зі зменшенням доступності традиційних кормових рослин через інтенсифікацію сільського господарства, зміну видового складу культур та поширення інвазивних видів. Дослідники підкреслюють, що для підтримки популяцій запилювачів необхідно збільшити різноманіття квітучих рослин у покращених луках, зокрема, сприяючи зростанню конюшини. Медоносні бджоли можуть служити індикаторами змін у доступності кормових ресурсів на ландшафтному рівні, що важливо для розробки стратегій збереження біорізноманіття та забезпечення сталого розвитку агроекосистем.

Досліджено, що підвищена температура призводить до більш розсіяного розміщення розплоду та зменшення запасів кормів. Ці зміни свідчать про те, що бджоли витрачають більше енергії на терморегуляцію, що може впливати на їхню здатність накопичувати ресурси, необхідні для виживання в зимовий період. Дослідження підкреслює важливість розуміння поведінкових адаптацій бджіл до змін клімату для розробки ефективних стратегій збереження та управління бджолиними популяціями (Weinberg *et al., 2023).*

Дикі медоносні бджоли демонструють високу здатність до виживання в природних умовах – приблизно 80% з них успішно адаптуються після оселення. Натомість керовані бджоли, які утримуються на пасіках, стикаються з численними загрозами, включаючи нові патогени, зміну клімату, зниження доступності квіткових ресурсів, вплив пестицидів, а також стрес, спричинений інтенсивною бджільницькою діяльністю та медозбором. У Північній Америці дикі бджоли здатні виживати без втручання людини, тоді як керовані бджолині сім'ї зазвичай не витримують більше одного-двох років без постійної підтримки з боку пасічника. Оскільки обидві групи зазнають впливу одних і тих самих патогенів, особливо актуальним є вивчення відмінностей у стратегіях їхнього життєвого циклу та того, як ці стратегії позначаються на загальному стані здоров'я бджіл. Автори закликають фахівців у галузі ветеринарної медицини бджіл керуватися однією з фундаментальних засад клінічної практики – спочатку вивчити норму. Іншими словами, розуміння механізмів виживання та

саморегуляції диких бджіл дозволить точніше виявляти патологічні відхилення у керованих популяціях (*Sammataro and Avitabile, 2019*).

Dubaić et al. (2021) описують унікальний випадок існування великої популяції диких медоносних бджіл (*Apis mellifera*) в урбанізованому середовищі Белграда, Сербія. Згідно з дослідженням, дикі медоносні бджоли були майже повністю винищені в Європі з 1980-х років через поширення паразитичного кліща *Varroa destructor* та пов'язаних з ним патогенів. Однак, автори виявили численні випадки існування диких сімей бджіл у Белграді, що свідчить про їхню здатність виживати без втручання людини. Ці сім'ї не отримували жодного лікування проти кліща *Varroa*, що робить їх особливо цінними для вивчення природних механізмів стійкості до паразитів. Дослідження також підкреслює важливість участі громадськості у наукових дослідженнях, оскільки більшість даних було зібрано завдяки повідомленням мешканців міста про наявність бджолиних сімей. Цей підхід дозволив зібрати понад 1300 записів у період з 2011 по 2017 роки, що значно розширило знання про розповсюдження та стійкість диких бджіл в урбанізованих умовах.

Медоносні бджоли та інші запилювачі є важливою умовою збереження біорізноманіття, адже завдяки запиленню збільшується кількість і якість плодів та насіння, підвищується схожість насіння (*Ahmad et al.,* 2021). Зниження їх кількості є серйозною проблемою для майбутньої продовольчої безпеки та екологічної стійкості, що має важливі наслідки для управління землекористуванням (*Maderson and Wynne-Jonesa*, 1016).

Зміни клімату призводять до фенологічних невідповідностей між часом цвітіння рослин і періодами активності запилювачів. Ці невідповідності можуть зменшити ефективність запилення, що негативно впливає як на відтворення рослин, так і на кормову базу запилювачів. Особливо вразливими є спеціалізовані взаємодії між певними видами рослин і запилювачів. Дослідники підкреслюють необхідність подальших досліджень для розуміння механізмів адаптації видів до змін клімату та розробки стратегій збереження біорізноманіття в умовах глобального потепління (*Gérard et al., 2020*).

Глобальне потепління та пов'язані з ним екстремальні погодні явища – такі як посухи, зливи та коливання температур – суттєво впливають на життєдіяльність бджіл. Ці зміни призводять до порушення синхронізації між періодами цвітіння рослин і активністю запилювачів, що знижує ефективність запилення та загрожує стабільності агроекосистем. Крім того, зміна клімату сприяє поширенню шкідників і хвороб, зокрема кліща вароа, який ослаблює імунітет бджіл і підвищує їхню вразливість до вірусних інфекцій. Також наголошується на негативному впливі пестицидів, особливо неонікотиноїдів, які порушують навігаційні здібності бджіл і знижують їхню життєздатність. У відповідь на ці виклики автори рекомендують впровадження інтегрованих підходів до управління агроекосистемами, включаючи зменшення використання хімічних засобів захисту рослин, створення сприятливих умов для диких запилювачів та адаптацію сільськогосподарських практик до нових кліматичних умов. Такі заходи сприятимуть збереженню біорізноманіття, підвищенню стійкості агросистем і забезпеченню продовольчої безпеки в умовах зміни клімату (Lavrenko *et al., 2025).*

Комахи-запилювачі є дуже важливими у цілому для існування екосистем. Ентомофільними є приблизно 85% усіх рослин, анемофільними і аквафільними – 10%, а самозапильними – лише 5% (*Fattorini et al.,* 2020). Майже 75% основних видів сільськогосподарських культур залежить від запилювачів – бджоли медоносної та інших видів диких бджіл (*Garibaldi et al.,* 2013).

Серед вчених є й така думка, що медоносні бджоли, особливо в регіонах за межами їхнього природного ареалу, не завжди є доречними як «парасолькові» види для загальної стратегії охорони запилювачів. У деяких випадках їхнє активне розведення може завдавати шкоди місцевим видам через конкуренцію за харчові ресурси, місця гніздування, а також через перенесення патогенів. У зв'язку з цим, дослідники закликають до більш зваженої та комплексної політики збереження запилювачів, яка враховуватиме екологічні особливості як медоносних, так і диких видів, з метою збереження біорізноманіття та підтримання

екологічної рівноваги (*Iwasaki et al., 2021*).

Iwasaki and Hogendoorn (2021), аналізуючи амбівалентну роль охорони медоносних бджіл у контексті збереження запилювачів, зазначають, що хоча медоносні бджоли (*Apis mellifera*) є важливими для сільського господарства та екосистемних послуг, їх захист не завжди сприяє збереженню всього різноманіття бджолиних видів. Зокрема, у регіонах, де медоносна бджола не є аборигенним видом, її використання як символу або парасолькового виду для збереження запилювачів може бути неефективним. Заходи, спрямовані виключно на підтримку медоносних бджіл, часто не враховують потреби диких бджіл, які мають інші екологічні вимоги до середовища проживання, квіткових ресурсів та гніздування. Автори наголошують, що інтенсивне розведення медоносних бджіл може створювати конкуренцію за нектар і пилок, поширювати хвороби серед диких видів та змінювати локальні екосистеми, що в підсумку загрожує біорізноманіттю. У зв'язку з цим дослідження підкреслює необхідність комплексного підходу до охорони запилювачів, який враховує не лише економічну важливість медоносної бджоли, але й екологічну цінність диких бджіл. Ефективна стратегія має включати збереження природних біотопів, обмеження використання пестицидів і сприяння різноманіттю квіткових ресурсів, що є важливими для всіх груп запилювачів.

Згідно з дослідженнями Popescu *et al.* (2024), за останні два десятиліття кількість бджолиних сімей у світі значно зросла – з 58,8 млн у 2000 році до 102 млн у 2022 році, що становить приріст на 76,3%. Одночасно глобальне виробництво меду збільшилося на 45,8% і досягло 1,83 млн тонн. Основна концентрація пасік і медового виробництва зосереджена в Азії (44,6%) та Європі (24,7%), а найбільшими виробниками меду є Китай, країни ЄС-27, Туреччина, Іран, Індія, Аргентина, Мексика, Україна та Бразилія. Між кількістю бджолиних сімей і обсягами виробництва меду простежується тісний позитивний зв'язок (коефіцієнт кореляції r=0,949), що підтверджується регресійним рівнянням: y=0,0148x+0,4064. Водночас середня медопродуктивність у 2022 році становила 17,9 кг, знизившись порівняно з піковим рівнем 22,5 кг у 2005 році. Окрему увагу в дослідженні приділено екологічним загрозам. Автори констатують, що надмірне зростання чисельності керованих медоносних бджіл, особливо в південній Європі та деяких регіонах Азії, призводить до витіснення диких запилювачів через конкуренцію за кормові ресурси, що загрожує біорізноманіттю. До цього додаються чинники, як-от інтенсивне землеробство, забруднення довкілля, широке використання неонікотиноїдів, зміни клімату, поширення хвороб і паразитів (зокрема вароозу), що ще більше послаблюють бджолосім'ї. У відповідь на ці виклики автори пропонують низку рекомендацій: уникати надмірної концентрації бджолиних сімей у міських зонах, створювати сприятливі середовища для диких запилювачів, обмежити використання пестицидів, особливо неонікотиноїдів, впроваджувати органічні методи боротьби з хворобами, уникати імпорту заражених бджіл, адаптувати технології пасічництва до локальних умов та посилити систему консультаційної підтримки для пасічників. Особливо наголошується на важливості збереження природних середовищ існування, підтримки квіткових ресурсів протягом усього сезону та розвитку сталих практик землекористування. Таким чином, для збереження балансу в екосистемах та сталого розвитку бджільництва необхідна інтегрована політика, яка враховує як економічні потреби, так і екологічні виклики.

В Україні основними сільськогосподарськими культурами, які залежать від запилення саме бджоли медоносної, є соняшник, ріпак та гречка. Досліджено, що 85,2% усіх запилювачів соняшника припадає на бджолу медоносну, 7,8 – на інших диких бджіл та 7,0% – на інших комах (*Lajos et al.,* 2012). Запилення бджолами підвищує врожайність ріпаку та соняшнику. Це відбувається за рахунок збільшення кількості насіння та його маси (*Abbasi et al.,* 2021; *Aebi et al.,* 2012; *Fuzaro et al.,* 2018). Однак підвищення продуктивності відбувається лише тоді, коли дотримані науково обґрунтовані нормативи кількості бджолиних сімей на 1 га посівів цих культур (*Abbasi et al.,* 2021).

Вчені, які, за даними ФАО, проаналізували посівні площі та урожайність 87 найважливіших сільськогосподарських культур світу в 1961–2006 р. прийшли до висновку, що дефіцит запилювачів підвищить попит на сільськогосподарські землі. Особливо це буде

відчутно у країнах, які розвиваються. Цей зростаючий тиск на пропозицію сільськогосподарської землі може суттєво вплинути на погіршення глобальних екологічних змін. За їхніми прогнозами, відсутність запилення призведе до скорочення сільськогосподарського виробництва на 3–8% (*Aizen et al.,* 2009).

Значення медоносної бджоли для людства складно переоцінити. Вона є однією з найбільш важливих істот на планеті, що було зазначено Королівським географічним товариством Великобританії спільно з Інститутом британських географів. Майбутнє продовольчої безпеки будь якої держави також залежить від бджоли (*Корженівська,* 2018).

За словами *Marshman et al.* (2019), зниження чисельності запилювачів, зокрема бджіл, пов'язане зі зміною клімату, деградацією середовищ існування, забрудненням та залежністю від одного виду (*Apis mellifera*). Автори наголошують на важливості «цілісного підходу спільноти», який враховує взаємозв'язок між людьми, запилювачами та екосистемами у вирішенні проблеми продовольчої безпеки. Вони розглядають ініціативу «Bee City» як приклад інтеграції екологічних дій у міське середовище, що сприяє збереженню біорізноманіття та формуванню стійких соціоекологічних відносин.

Зміна клімату посилює зниження чисельності запилювачів, що ставить під загрозу стійкість екосистем і продовольчу безпеку на місцевому та глобальному рівнях. Надмірна залежність сільського господарства від одного виду бджіл (*Apis mellifera*) створює проблеми, подібні до тих, що виникають при монокультурному землеробстві з високим рівнем хімічного навантаження (*Reilly et al., 2020*).

Patel et al. (2021), досліджуючи внесок бджіл у досягнення Цілей сталого розвитку ООН (ЦСР), зазначають, що зменшення чисельності бджіл загрожує не лише запиленню, але й широкому спектру екосистемних послуг, які бджоли надають людям і планеті. Згідно з їхніми висновками, бджоли потенційно сприяють досягненню 15 з 17 ЦСР і щонайменше 30 окремих завдань, охоплюючи такі сфери, як продовольча безпека, збереження біорізноманіття, здоров'я, економічний розвиток і сталий ландшафтний менеджмент.

Althaus et al. (2021) дослідили рівень уваги засобів масової інформації до проблеми зниження чисельності запилювачів. Аналіз майже 25 мільйонів новинних матеріалів, опублікованих за останні чотири десятиліття, показав, що лише 0,007% з них стосувалися зменшення популяцій запилювачів, тоді як зміна клімату згадувалася у 1,39% випадків. Це свідчить про значну недооцінку проблеми з боку медіа, незважаючи на її критичне значення для екосистем і продовольчої безпеки. Автори підкреслюють необхідність підвищення обізнаності громадськості щодо цього питання для стимулювання відповідних політичних дій.

Ellis (2024) дослідивши, як сучасне сільське господарство сприяє глобальній кризі запилювачів, підкреслює, що індустріальні агросистеми, зокрема монокультури, широке використання пестицидів і комерційне кочове бджільництво, створюють «ландшафти дефіциту», які шкодять як медоносним, так і диким бджолам. Автор закликає до формування міжвидових альянсів між дрібними фермерами, екологами, бджолярами та самими бджолами для переходу до посткапіталістичного сільського господарства, що підтримує біорізноманіття та екологічну стійкість.

Більша частина ентомофільних культур запилюються медоносною бджолою. Зменшення площі запилення створює додаткове навантаження на організм людини. За останні 50 років у світі площі сільськогосподарських угідь збільшились на 41%, площі повністю залежних від запилення – на 33%. Медоносні бджоли, як запилювачі, сприяють підвищенню врожайності в агросекторі. Проте внаслідок кліматичних змін, використання пестицидів, хвороб та інших чинників спостерігаються значні втрати бджолосімей і, як наслідок, виникають екологічні проблеми глобального масштабу (*Lisohurska et al.,* 2020).

Landaverde et al. (2023) досліджуючи вплив зміни клімату на бджільництво в Сальвадорі, провели інтерв'ю з дев'ятьма місцевими пасічниками і виявили, що основними кліматичними викликами є нестача води та корму, а також екстремальні погодні явища, які призводять до загибелі бджіл, пошкодження вуликів і збільшення захворюваності. Для адаптації пасічники зміцнюють вулики, переміщують пасіки та доповнюють раціон бджіл. Однак вони відчувають

нестачу доступної та зрозумілої інформації про стратегії адаптації, особливо щодо формулювання додаткових кормів і боротьби зі шкідниками та хворобами. Більшість пасічників зазначили, що їм важко зрозуміти інформацію з інтернету, і вони віддають перевагу отриманню знань через особисті зустрічі з довіреними представниками місцевих кооперативів. Автори підкреслюють необхідність надання технічної допомоги та демонстрацій для покращення адаптаційних стратегій пасічників і забезпечення здоров'я та продуктивності бджіл.

Christ and Dreesmann (2022), досліджуючи рівень обізнаності учнів німецьких шкіл про різні види бджіл, виявили, що учні здебільшого знайомі лише з медоносною бджолою (*Apis mellifera*), тоді як про диких бджіл, таких як джмелі або осмії, знають дуже мало. Автори вказують, що така обмежена обізнаність є наслідком недостатньої уваги до теми бджіл у шкільній біологічній освіті. Вони підкреслюють необхідність включення більш детальної інформації про різноманіття бджіл у навчальні програми, щоб підвищити екологічну свідомість та сприяти збереженню біорізноманіття.

Встановлено, кліматична криза та господарська діяльність людини вплинули і на українське бджільництво та призвели до: зменшення різноманітності медоносів через кліматичну кризу, високу розораність земель, знищення лісів і степів; зменшення різноманітності і площ культурних медоносів через занепад тваринництва і поширення монокультури; скорочення і зміна строків вегетації і цвітіння природних медоносів через кліматичну кризу, культурних – ще й через використання скоростиглих сортів; зниження нектаропродуктивності і якості нектару культурних медоносів через виведення самозапильних, скоростиглих і посухостійких сортів. Наразі медовий запас в Україні не задовольняє потреби наявних бджолиних сімей. Тому для локального вирішення проблем кормової бази бджільництва, бджолярі змушені: берегти і покращувати медоносну базу; використовувати кочівлю бджолиних сімей і розвивати органічне бджільництво та запилювальний напрям пасічництва; розводити локальні підвиди бджіл, що здатні реалізувати свій потенціал в умовах; займатися самоосвітою і бути соціально активним у стимулюванні держави щодо вирішення проблем кормової бази бджільництва (*Лісогурська та ін.,* 2021).

Згідно з літературними даними (*Ronald, 2023*), навіть найбільш розвинені країни, такі як США, не були належним чином підготовлені до наслідків зміни клімату, незважаючи на те, що вони відповідають за значну частину світових викидів парникових газів. Це викликає занепокоєння щодо готовності інших країн, які разом становлять 85% глобальних викидів. Автор закликає до посилення міжнародного співробітництва та перегляду кліматичних стратегій для ефективного протистояння зміні клімату.

Smith et al. (2023) зазначають, що підвищення температури, зміни в режимах опадів та екстремальні погодні явища можуть посилювати стресові фактори для бджіл, зокрема сприяти поширенню хвороб і паразитів. Автори підкреслюють необхідність подальших досліджень для розробки ефективних стратегій адаптації бджільництва до змін клімату.

Cilia (2019) аналізує ставлення великих американських пасічників до проблеми зниження чисельності медоносних бджіл. На основі глибоких інтерв'ю з пасічниками та науковцями, дослідження виявляє, що багато представників галузі демонструють техно-оптимізм, вірячи в здатність технологій вирішити екологічні проблеми, або ж виявляють техно-скептицизм чи заперечення, що може перешкоджати ефективному реагуванню на кризу запилювачів. Ці позиції впливають на прийняття рішень у галузі та можуть ускладнювати впровадження сталих практик бджільництва.

Зменшення чисельності запилювачів загрожує продуктивності сільськогосподарських культур і збереженню різноманіття квіткових рослин. Вчені закликають до інтеграції диких запилювачів та медоносних бджіл у сільськогосподарські системи та створення сприятливих умов для їхнього існування, особливо в тропічних регіонах, де дослідження в цій галузі залишаються обмеженими (*Shivanna et al., 2023*)

Щоб вирішити цю проблему глобально, потрібно проводити цілий ряд заходів на рівні держави, зокрема: зменшувати вуглецеві викиди; раціонально використовувати землі та

зменшувати їх розораність; розвивати тваринництво; запроваджувати науково обґрунтовані сівозміни та зменшувати частку монокультури; науково обґрунтовано використовувати скоростиглі, посухостійкі і самозапильні сорти ентомофільних культур; сприяти розвитку органічного бджільництва та керованого бджолозапилення; удосконалювати законодавство щодо покращення медоносної бази; вести селекційну роботу у бджільництві, спрямовану на удосконалення ліній локальних бджіл, здатних пристосовуватись до кліматичних умов, які змінюються; проводити наукові дослідження щодо збереження і покращання медоносної бази в умовах кліматичної кризи; розробляти і реалізовувати державні програми збереження і покращання медоносної бази; вести просвітницьку роботу щодо проблем кормових ресурсів бджільництва і шляхів її вирішення. Щоб зберегти біорізноманіття, потрібно протистояти зміні клімату, вживаючи термінові заходи. Ми повинні зменшити наш вуглецевий слід, користуючись громадським транспортом або спільним використанням автомобілів, споживаючи менше м'яса та молочних продуктів і зменшуючи харчові відходи. Важливу роль у боротьбі зі зміною клімату, на нашу думку, повинна відігравати освіта. Саме вона повинна навчити майбутніх фахівців, як зменшити вуглецевий слід та спонукати їх змінити своє ставлення і поведінку та допомогти їм приймати обґрунтовані рішення, які б сприяли збереженню біорізноманіття (*Севін та ін,* 2023).

Kiss and Kiss (2022) дійшли висновку, що інтегрована модель циркулярного сільського господарства, заснована на поєднанні бджільництва, вирощування бобових культур і птахівництва, є ефективним прикладом сталого агровиробництва. Запропонована система передбачає взаємозв'язок між окремими компонентами: бджоли забезпечують запилення бобових, що сприяє підвищенню врожайності; бобові культури збагачують ґрунт азотом і використовуються як корм; побічні продукти птахівництва, зокрема послід, повертаються в ґрунт як добрива. Такий кругообіг ресурсів дозволяє зменшити зовнішні витрати, підвищити економічну ефективність та мінімізувати відходи. Автори підкреслюють, що подібні циркулярні моделі здатні підвищити стійкість аграрного сектору до кліматичних і економічних викликів, сприяти збереженню біорізноманіття та відповідають принципам Цілей сталого розвитку ООН. Крім того, система є адаптивною і може бути масштабована для різних регіональних умов, що робить її перспективною для впровадження в практику сталого землеробства.

Наразі у світі спостерігається стрімке зменшення чисельності бджіл та інших запилювачів, що загрожує продовольчій безпеці людства. Тому необхідно здійснювати екологічну інтенсифікацію аграрного виробництва, розробляти і впроваджувати зелені технології, підвищувати роль освіти в збереженні біорізноманіття, які б сприяли відновленню і розвитку бджільництва. Живі організми мають надзвичайно високу адаптивність до умов навколишнього середовища, тому виживають навіть у дуже екстремальних умовах, як наприклад, вельвічія дивна (*Welwitschia mirabilis*) та антилопа орікс (*Oryx* L.) у найсухішій пустелі світу Наміб. Але, незважаючи на це, біорізноманіття планети наразі стрімко зменшується. Деградація біорізноманіття призводить до порушення структурно-функціональної організації біосферних процесів, що зумовлює істотну дестабілізацію екосистемної рівноваги та, у перспективі, становить пряму загрозу для забезпечення глобальної продовольчої безпеки. Біологічна різноманітність відіграє ключову регуляторну та буферну функцію, яка полягає у послабленні впливу абіотичних стрес-факторів, підтриманні циклічного обігу речовин та енергії, модулюванні кліматичних параметрів і зниженні рівня епідеміологічних ризиків у живих системах (*Earth.org*).

Знищення малярійних комарів ДДТ у 70-ті роки XX ст. на острові Калімантан переконливо ілюструє, що всі біологічні види пов'язані між собою і зникнення одного з них, навіть «шкідливого», на думку людини, призводить до катастрофічних наслідків. Після цього як місцевість на острові обробили цим пестицидом, там почали відбуватися дивні події: стали обвалюватися дахи будинків, потім масово гинули кішки, а згодом островом поширилася чума. Коли цю ситуацію вивчили, то виявилося, що окрім комарів, отруту з'їдали таргани, які не гинули, але ставали повільнішими і були легкою здобиччю для ящірок. Ящірки, які поїдали

тарганів, теж ставали повільними, тому на них почали полювати коти. Зникнення ящірок призвело до того, що розмножилась гусінь, яка поточила дахи, зроблені з тростини. Коти гинули, бо наїлися ящірок, тому інтенсивно розмножувались пацюки, які переносять чумні палички (*O'Shaughnessy, 2008*).

За даними Міжнародного союзу охорони природи (IUCN), наразі понад 42 тисячі видів знаходяться під загрозою зникнення, що становить 28% від усіх відомих *(Iucnredlist.org).* Деградація біорізноманіття може мати різні причини, зокрема, такі як руйнування природного середовища життя, інвазійні види, надмірна експлуатація та забруднення довкілля, зміна клімату та ін. Значний негативний вплив на біорізноманіття має саме зміна клімату. Це головна причина. Основним впливом зміни клімату на біорізноманіття є збільшення інтенсивності та частоти пожеж, штормів або періодів посухи *(UNESCO).*

Отже, вимирання бджіл, зокрема медоносної бджоли (*Apis mellifera*), є глобальною проблемою, що набуває загрозливих масштабів і безпосередньо впливає на продовольчу безпеку, стан екосистем та сталий розвиток сільського господарства. Основні чинники скорочення чисельності бджолиних сімей включають варооз, вірусні та паразитарні хвороби, пестициди, втрату місць існування, зменшення генетичного різноманіття, зміну клімату та інтенсифікацію аграрного виробництва. Особливе занепокоєння викликає дефіцит кормової бази для бджіл, що значно загострився в Україні через деградацію природних медоносів, занепад тваринництва, високу частку монокультур і кліматичні зміни. Зниження чисельності запилювачів прямо загрожує зменшенню врожайності ентомофільних культур, погіршенню якості продукції, збільшенню навантаження на земельні ресурси і, як наслідок, прискоренню глобальних екологічних змін. Для подолання кризи необхідне впровадження комплексних заходів на локальному та державному рівнях, включно з розвитком органічного і запилювального бджільництва, екологізацією землеробства, селекцією стійких підвидів/ліній бджіл та покращенням законодавчого забезпечення охорони медоносної бази (*Лісогурська та ін., 2023*).

Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA) окреслює свій стратегічний підхід до вдосконалення системи оцінки екологічного ризику (ERA) для медоносних бджіл та інших запилювачів. Підкреслюється необхідність переходу до більш інтегрованої, науково обґрунтованої моделі оцінювання, що враховує сукупний вплив численних стресорів, включаючи засоби захисту рослин, хвороби, зміни середовища існування та кліматичні фактори. EFSA розробляє оновлену систему ERA, яка дозволить оцінювати не лише ізольовану дію окремих пестицидів, а й кумулятивний вплив кількох чинників одночасно. Одним із важливих завдань є уніфікація методів оцінки ризику для запилювачів на рівні країн-членів ЄС. Це забезпечить послідовність у підходах до захисту бджіл і дозволить підвищити ефективність прийняття регуляторних рішень. Ініціатива EFSA є відповіддю на зростаюче занепокоєння щодо зниження чисельності запилювачів у Європі та спрямована на підтримку біорізноманіття, продовольчої безпеки та сталого розвитку агросистем. Запропонований підхід базується на принципах «Єдиного здоров'я» та інтегрує екологічні, ветеринарні й агрономічні аспекти в єдину оцінну модель (*More et all., 2021*).

Проблема вимирання бджіл, зокрема медоносної бджоли, становить серйозну загрозу для глобальної продовольчої безпеки, біорізноманіття та сталого розвитку аграрного сектору. Вона напряму суперечить цілям Європейського зеленого курсу та Цілям сталого розвитку ООН (зокрема Цілям 2, 12, 13 та 15), що передбачають збереження екосистем, екологізацію виробництва, адаптацію до зміни клімату й відновлення природних ресурсів. Зміни клімату на Землі спостерігалися неодноразово. Нині, потепління проходить значно швидше. Швидкість цього процесу збільшилась у 10 разів. Така зміна клімату через підвищення середньої глобальної температури обумовлює виникнення кліматичної кризи. Спостерігається збільшення концентрації CO_2 в атмосфері Землі з 280 ppm до 400. Це відбувається протягом останніх 150 років. Такі стрімкі зміни спостерігаються вперше за сотні тисяч років. Теплові хвилі тепла тривають довше і розповсюджуються на більшій території. Кліматична криза призводить до посухи, пилових бур, нерівномірного розподілу опадів по територіях,

а в подальшому негативно позначається на видовому різноманіттю. Посухи обумовлюють пожежі, пилові бурі, руйнують екосистеми. За рахунок підвищення температури спостерігається нерівномірний розподіл опадів. На одних територіях випаровується надмірна кількість вологи, що обумовлює посуху, а на інших – конденсується, обумовлюючи зливи та повені. В Україні за останні 30 років середньорічна температура вже зросла на 1 °С. За період з 1961 по 2013 р швидкість зміни температури склала 0,3 °С (кожні десять років). Важливо відмітити, що температура в Україні підвищується швидше, ніж у середньому на Землі: підвищилась середня глобальна температура на 1 °С; підвищились середні сезонні температури; стали триваліші і частіші хвилі тепла; посилилися посухи; зменшилася повноводність річок та озер; спостерігаються нехарактерні екстремальні погодні явища (*Лісогурська та ін., 2023*).

За останні роки світова спільнота зробила багато кроків для протидії кліматичній кризі. Наприклад, було прийнято Паризьку угоду, яка передбачає зниження викидів парникових газів та досягнення вуглецевої нейтральності. Також було запроваджено квотування викидів вуглекислого газу. У грудні 2019 року Європейська Комісія прийняла Європейський зелений курс (The European Green Deal). Це набір політичних ініціатив, головною метою яких є зробити Європу кліматично нейтральною до 2050 року. Реалізація ЄЗК пришвидшиться у зв'язку з енергетичною кризою, яка спровокована російсько-українською війною. Головними цілями ЄЗК є: кліматична нейтральність Європи; збереження біологічного різноманіття; екологізація економіки; підвищення добробуту громадян. Головними сферами, яких торкається ЄЗК, є клімат, енергетика, промисловість, сільське господарство, біорізноманіття та забруднення навколишнього середовища. Планом реалізації ЄЗК передбачено перегляд усіх законодавчих актів на предмет кліматичних переваг, охорони навколишнього середовища та підвищення добробуту громадян. Основи та Дорожня карта ЄЗК закладені в Комюніке.

Вчені підкреслюють необхідність посилення регуляторних заходів, спрямованих на зменшення впливу шкідливих хімічних речовин на довкілля та здоров'я людини. Зокрема, акцентується на важливості впровадження інноваційних підходів до управління хімічними речовинами, що включають оцінку ризиків, заміну небезпечних речовин безпечнішими альтернативами та забезпечення прозорості в ланцюгах постачання. Автори також зазначають, що досягнення цілей Європейського зеленого курсу вимагатиме тісної співпраці між урядами, промисловістю та науковою спільнотою для розробки ефективних стратегій управління хімічними речовинами та забезпечення сталого розвитку (*Apitz and Power, 2021*).

Kakabouki et all. (2021), аналізуючи потенціал альтернативних сільськогосподарських культур у контексті досягнення цілей Європейського зеленого курсу в умовах Середземноморського регіону, розглядають можливість впровадження альтернативних культур: кіноа, теф, тритордеум, камеліна, чорнушка, чіа та батат. З-поміж них особливу увагу заслуговують камеліна, чорнушка та чіа як перспективні медоносні рослини, здатні забезпечити кормову базу для запилювачів. Їх включення до агроландшафтів може відігравати подвійну роль – з одного боку, сприяти екологічній трансформації сільського господарства відповідно до вимог Зеленого курсу, а з іншого – підтримувати популяції диких і медоносних бджіл, зокрема в регіонах з низьким різноманіттям квіткових ресурсів. Дослідження підкреслює, що інтеграція таких культур у сівозміни не лише знижує хімічне навантаження на довкілля, але й підвищує агробіорізноманіття, покращує родючість ґрунтів і забезпечує стійкість агросистем до кліматичних змін. Водночас успішне впровадження альтернативних культур вимагає адаптації до місцевих агроекологічних умов і підтримки з боку аграрної політики, що є ключовим чинником сталого розвитку та збереження запилювачів.

Prandecki et all. (2021) проаналізували ключові екологічні та кліматичні виклики, що постають перед польським аграрним сектором у контексті реалізації цілей Європейського зеленого курсу. Це осліджeння зосереджене на трьох основних напрямах, які потребують змін для досягнення цілей сталого розвитку. По-перше, вказується на необхідність організаційних змін у сільському господарстві, включаючи адаптацію до нових екологічних вимог, впровадження сталих методів землекористування та зменшення впливу аграрної діяльності на

навколишнє середовище. По-друге, автори акцентують увагу на потребі у вдосконаленні системи охорони біорізноманіття, зокрема, оцінці ефективності природоохоронних територій, таких як мережа Natura 2000, у підтриманні екологічної рівноваги. По-третє, важливим напрямом визначено моніторинг викидів парникових газів у сільському господарстві та розробку дієвих стратегій для їх скорочення. Автори наголошують, що для реалізації вказаних цілей необхідна комплексна політика, яка передбачає співпрацю між державними структурами, аграрним бізнесом та науковою спільнотою. Це дозволить не лише досягти кліматичних цілей, а й сприятиме загальній трансформації сільського господарства у більш екологічно відповідальне та стійке до змін клімату.

Україна добровільно долучилась до ЄЗК у січні 2020 року. Набуття нашою країною статусу кандидата у члени ЄС та вступ до конфедерації передбачає беззаперечну комплементацію ЄЗР та його виконання. Долучення України до ЄЗК, на нашу думку, несе загрози і можливості для бджільництва. Серед цілей ЄЗК, реалізація яких несе ці загрози і можливості: зниження використання пестицидів, зокрема, більш небезпечних на 50%; збільшення частки сільськогосподарських угідь (до 25%), які використовуються для органічного землеробства; збільшення частки сільськогосподарських територій (щонайменше до 10%), вкритих екосистемами з високим біорізноманіттям; збільшення частки площ природно-заповідного фонду (до 30%). У результаті реалізації цілей ЄЗК знизиться ризик загибелі бджолиних сімей, покращиться медоносна база, будуть створені умови для одержання якісної та безпечної продукції. Однак посилення екологічних вимог до продукції може стати перепоною для її експорту на ринок ЄС – один із ключових ринків для України. Разом з тим, наша країна матиме значний потенціал для розвитку органічного бджільництва, яке має високий рівень рентабельності. Покращиться стан кормової бази та мінімізується ризик загибелі бджолиних сімей від пестицидів, що дозволить у повній мірі реалізувати потенціал і стати світовим лідером за розвитком бджільництва. Реалізація ЄЗК сприятиме зменшенню використання пестицидів та покращенню кормової бази бджільництва, що створить передумови для розвитку цієї галузі в України (*Фурман та ін., 2022*).

Сталий розвиток бджільництва є важливою складовою зеленої трансформації агросектору в Європі та світі. Його підтримка має базуватися на державній політиці, наукових дослідженнях, законодавчому врегулюванні та активному залученні аграріїв, пасічників і громадськості. Забезпечення сприятливих умов для функціонування запилювачів – це не лише завдання з охорони довкілля, а й стратегічний крок до досягнення цілісної, кліматично-стійкої та екологічно безпечної продовольчої системи.

1.2.2. Технологічні рішення для збереження популяцій і сталого бджільництва. У сучасних умовах трансформації агропромислового комплексу бджільництво постає як галузь, що перебуває під впливом багатофакторного навантаження. Зокрема, пасічники змушені функціонувати в контексті високої конкуренції та обмежених ресурсів, що зумовлює потребу в виробництві продукції з оптимальним співвідношенням якість/собівартість. Такий економічний виклик вимагає впровадження ефективних управлінських стратегій, технологічної модернізації та сталого ресурсного забезпечення.

Окрему проблему становлять екологічні виклики, інспіровані кліматичною кризою: глобальна варіабельність температурних і гідротермічних режимів значно ускладнює прогнозування сезонної активності бджолосімей, регулювання тривалості періодів спокою та продуктивної фази, що своєю чергою негативно впливає на стабільність медозбору та біоакумуляцію продукції бджільництва. У відповідь на ці трансверсальні загрози критичною умовою сталого функціонування галузі виступає інноваційна трансформація.

Новітні технології, включаючи цифрові системи моніторингу, селекційні біотехнології, альтернативні моделі годівлі та ветеринарного супроводу, дозволяють адаптувати пасічницьку практику до динамічних зовнішніх умов. У контексті зростаючої популярності продуктів бджільництва на світовому ринку – як у харчовому, так і в терапевтичному сегменті – системне впровадження інновацій набуває статусу імперативу галузевої резильєнтності

та конкурентоспроможності.

Kuś (2024), досліджуючи впровадження інновацій у польських пасіках у контексті кризи біорізноманіття, виявила, що польські бджолярі частіше впроваджують інновації в бізнес-процеси, ніж у продукти, що пов'язано зі специфікою виробництва продуктів бджільництва. Автор підкреслює необхідність комплексного підходу до управління пасіками, який враховує як поточні операції, так і інвестиційні або превентивні заходи, особливо в умовах змін клімату та нестабільності ринку меду.

Серед найбільш значущих інновацій у бджільництві вулики з датчиками, бджолиний пилосос, коптильне паливо, щітка, новітні противароозні засоби. Вулики, які оснащені датчиками, надають бджолярам дані в режимі реального часу про стан вулика, включаючи температуру, вологість і рівень вуглекислого газу. Ця інформація використовується для оптимізації умов у вулику та збільшення виробництва меду. Найкращими такими Smart-рішеннями є технології, розроблені компаніями BeeHero, ApisProtect, BEEP, Ubees та Macedonian Honey. Бджолиний пилосос дозволяє видаляти бджіл з приміщень або обладнання, не завдаючи їм шкоди. Щітка для бджіл з м'якою щетиною використовується для обережного видалення бджіл зі стільників або інших поверхонь. Вона набагато щадна для бджіл, ніж традиційні методи видалення, такі, наприклад, як ніж. Спеціальне коптильне паливо утворює дуже мало диму при спалюванні. Нарешті застосування новітніх препаратів проти кліща *Varroa* дозволяє більш ефективно проводити противароозні заходи і значно зменшити втрати бджіл. Нові методи лікування також менш шкідливі для бджіл, необхідні для підтримки здорової популяції. Хоча ці інновації в бджільництві багато в чому корисні, вони також мають деякі потенційні недоліки. Наприклад, бджолиний вакуум може викликати у бджіл стрес. Використання датчиків у вуликах може призвести до надмірного моніторингу умов вулика, що може бути контпродуктивним. Нарешті, противароозні засоби можуть бути дуже дорогими і не завжди ефективними *(Linkedin, Vomturmhaus).*

Однак, не зважаючи на це, інновації є невід'ємною частиною сучасного бджільництва, які допомагають зробити виробництво безпечнішим, простішим та ефективнішим, мінімізують людську працю, зменшуючи негативний вплив на природні процеси. Збереження популяцій бджіл вимагає комплексної відповіді, зокрема розробки та впровадження технологічних рішень, спрямованих на збереження популяцій запилювачів. До таких рішень належать: розвиток органічного та керованого бджолозапилення, цифровий моніторинг стану бджолиних сімей, створення екологічно збалансованих агроландшафтів, селекція адаптованих підвидів бджіл, а також впровадження біотехнологічних засобів для профілактики хвороб.

1.2.2.1. Вулики, заставна дошка та утеплювальна мата з міскантуса. Сучасне бджільництво стикається з низкою викликів, серед яких ключовими є потреба у створенні комфортного мікроклімату для бджолиних сімей, зниження впливу хвороб і шкідників, а також необхідність впровадження екологічно безпечних та економічно ефективних рішень. В умовах зміни клімату, зростаючого тиску антропогенної діяльності та потреб у скороченні вуглецевого сліду в аграрному секторі, особливого значення набуває розробка нових конструкцій вуликів, що відповідають принципам сталого розвитку та Європейського зеленого курсу. Одним із перспективних напрямів є використання у бджільництві біоматеріалів, зокрема рослинної сировини з високими теплоізоляційними та біозахисними властивостями. У цьому контексті міскантус (*Miscanthus spp.*) є особливо привабливою культурою, оскільки поєднує в собі стійкість до гниття, високу частку лігніну, низьку теплопровідність, а також можливість промислового вирощування з мінімальними затратами. Застосування міскантуса як конструкційного матеріалу для вуликів дозволяє реалізувати цілу низку переваг: покращити умови утримання бджолиних сімей, забезпечити екологічну безпеку пасік, знизити витрати на сировину та сприяти диверсифікації агробізнесу шляхом розвитку нових технологій. Представлена розробка вертикального багатокорпусного вулика та вулика-лежака з міскантусу є прикладом втілення концепції зеленого інжинірингу у сфері бджільництва, що відповідає не лише національним потребам, а й міжнародним

екологічним орієнтирам.

Відомо, що ефективність теплового захисту огороджувальних конструкцій (стін, стелі, підлоги) визначається віддаленістю «точки роси» від внутрішньої поверхні споруди. За цього заповнення пор в утеплювальному матеріалі конденсатом від невідведеної пари з внутрішньої сторони є неприпустимим, бо підвищує теплопровідність стін з їх наступним накопиченням вологи на внутрішніх поверхнях, з ризиком промерзання і розвитку небажаної пліснявої мікрофлори. Особливо неприпустимо використовувати як утеплювальні, гігроскопічні матеріали. Подібної вади позбавлені вулики з трав'янистих рослин: житньої соломи, рогозу, очерету. Стінки таких вуликів мають високі теплоізоляційні властивості, добре пропускають водяну пару і гази. «Точка роси» в них максимально віддалена від внутрішньої поверхні стінки, а водяна пара через стінки легко видаляється назовні разом із газами – продуктами життєдіяльності бджіл, практично не адсорбуючись на стеблах рослин, особливо вологостійких – рогози та очерету. До того ж такі вулики є дешевими, легкими у виготовленні та обслуговуванні і не вимагають додаткового облаштування вентиляційних отворів, в порівнянні з вуликами з деревини чи пінопласту, забезпечують належні санітарно-гігієнічні умови життєдіяльності бджолиних сімей. Проте, маючи високі експлуатаційні показники, солома є гігроскопічною, пліснявіє, маючи недостатню механічну міцність і пружність не гарантує щільного заповнення простору стінки вулика. Кращі характеристики мають прямі порожнисті стебла очерету. Вони достатньо пружні, мають низькі теплопровідність і гігроскопічність, стійкі до розвитку гнилісних бактерій, менше піддаються плісняві. Виходячи з цього, нами здійснено розробку вертикального багатокорпусного вулика та вулика-лежака, виготовлених з міскантусу. Ці розробки отримати патенти на винахід та корисні моделі.

Відомі вертикальний багатокорпусний вулик та вулик-лажах, що містять дно, однакові прямокутні гніздові корпуси у вигляді паралелепіпеда під стандартну рамку, однакові магазинні корпуси під магазинну рамку, пристосовані до встановлення зверху гніздового корпусу, та дах, що пристосований під установку зверху магазинного або гніздового корпусу, причому бокові стінки гніздового та магазинного корпусів, дно та дах виконані каркасними з заповнювачем між каркасом у вигляді набору стебел очерету, орієнтованих поперемінно потовщеними кінцями у різні боки. Виготовлення вуликів з очерету проводиться після очісування спеціальною гребінкою його висушених стебел для видалення листя. Далі, у спеціальному станку, куди закладається нижня рама з деревини, наверх горизонтально, поперемінно потовщеними кінцями у різні боки, вкладають стебла очерету, які пресуються шляхом періодичного вертикального навантаження. Завершує конструкцію верхня рама з деревини, на яку встановлюють дах. Кути стін вулика закривають зігнутими під кутом 90° смугами листового металу, якими також фіксують верхню та нижню рами з деревини.

Однак, головним недоліком очерету є обмеженість його якісної сировинної бази за обсягами і доступністю. Це прибережні акваторії водойм, болота наприкінці літа. У зимовий період по льоду доступність поліпшується, проте сировина у цей час перезріла і практично непридатна. Очерет в культуру не введений і його промислове вирощування відсутнє. Крім того, стебла очерету недовговічні, схильні до пошкодження гнилісними (сапрогенними) бактеріями, грибами, комахами і гризунами.

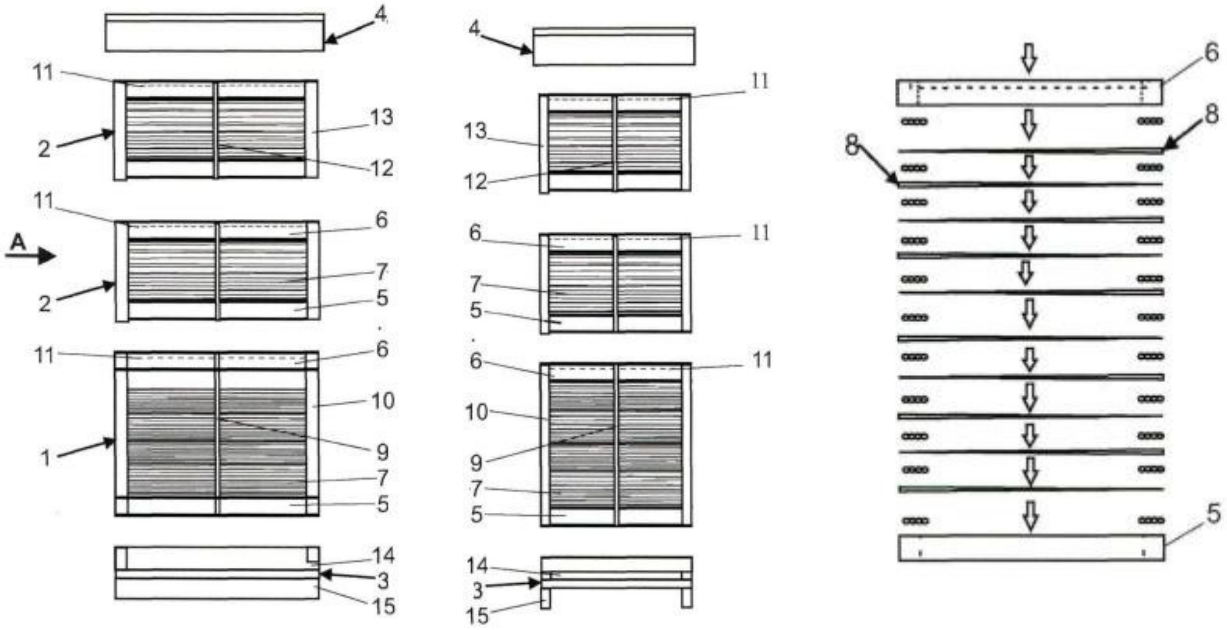
В основу розробок поставлено задачу з удосконалення конструкції вуликів, що дає можливість забезпечення використання заповнювача у вигляді рослини, яка за своїми характеристиками може покращити експлуатаційні характеристики вулика в цілому та його технологічність при промисловому виробництві.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в конструкції вуликів, що містять дно, однакові прямокутні гніздові корпуси у вигляді паралелепіпеда під стандартну рамку, однакові магазинні корпуси під магазинну рамку, пристосовані до встановлення зверху гніздового корпусу, та дах, що пристосований під установку зверху магазинного або гніздового корпусу, причому бокові стінки гніздового та магазинного корпусів, дно та дах виконані каркасними з заповнювачем між каркасом у вигляді набору стебел, орієнтованих

поперемінно потовщеними кінцями у різні боки, відповідно до розробки заповнювач виконаний у вигляді стебел міскантуса.

Виконання заповнювача у вигляді стебел міскантуса дозволяє за своїми характеристиками покращити експлуатаційні характеристики вулика в цілому, а саме збільшити довговічність вулика за рахунок збільшення відсоткової кількості в міскантусі лігніну, що зменшує імовірність пошкодження його гнилісними (сапрогенними) бактеріями, грибами, комахами і гризунами. Крім того міскантус є технологічною культурою, яку вирощують в промислових масштабах.

Розроблений вертикальний багатокорпусний вулик (рис. 1.1) містить прямокутний гніздовий корпус (1) під стандартну рамку, магазинні корпуси (2) під магазинну рамку, виконані за розмірами, що дозволяють їх встановлення зверху гніздового корпусу, дно (3) та дах (4), що виконаний за розмірами, які дозволяють його установку зверху магазинного або гніздового корпусу. Гніздовий корпус 1 виконаний каркасним з нижньої (5) та верхньої 6 рам з деревини, наповнювача (7) із стебел міскантуса, орієнтованих поперемінно потовщеними кінцями (8) у різні боки, бокових планок (9) та кутових планок (10). На верхній рамі (6) зроблені вибірки (11) під розміщення плечиків рамок. Кожний магазинний корпус (2) також виконаний каркасним з аналогічних до гніздового корпусу нижньої (5) та верхньої (6) рам з деревини, наповнювача (7) із стебел міскантуса, орієнтованих поперемінно потовщеними кінцями (8) у різні боки, бокових планок (12) та кутових планок (13). Дно (3) виконане з льотком (14) довжиною на всю його ширину та ніжками (15). Розміри преса, розміри нижньої (5) та верхньої (6) рами з деревини виконані із забезпеченням наповнювачу (7) товщини до 50 мм.



А Б В

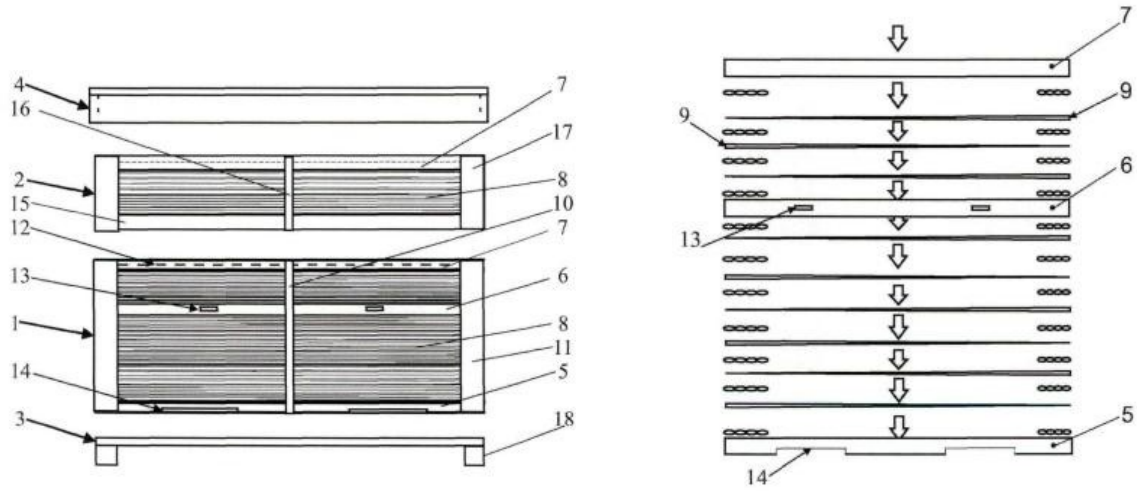
Рисунок 1.1 Вертикальний багатокорпусний вулик з використанням міскантуса

(А – вигляд спереду, Б – вигляд збоку; В – схема збирання)

Виготовляють вулик наступним чином. Після збору стебел міскантуса проводять їх сортування та нарізку на заготовки. Гніздовий корпус (1) та магазинні корпуси (2) виготовляють аналогічним способом. Наприклад, при виготовленні гніздового корпусу (1) у спеціальному пресі закладають нижню раму (5) з деревини, наверх горизонтально, поперемінно потовщеними кінцями (8) у різні боки, вкладають стебла міскантуса, заповнюючи вільний простір в пресі, завершують конструкцію верхньою рамою (6). Після чого пресують шляхом періодичного вертикального навантаження. Кути гніздового корпусу 1 закривають кутовими планками (10) (у вигляді зігнутих під кутом 90° смуг листового металу)

та фіксують до нижньої (5) та верхньої 6 рам. До останніх також фіксують бокові планки (9) (при виготовленні магазинних корпусів використовують кутові планки (13) та бокові планки (12).

Розроблений вулик-лежак (рис. 1.2) містить прямокутний призмоподібний гніздовий корпус (1) під стандартну рамку, прямокутний призмоподібний магазинний корпус (2) під магазинну рамку, виконаний за розмірами, що дозволяють його встановлення зверху гніздового корпусу, дно (3) та дах (4), що виконаний за розмірами, які дозволяють його установку зверху магазинного або гніздового корпусу.



А *Б*

Рисунок 1.2 Вулик-лежак з використанням міскантуса

(А – вигляд спереду, Б – схема збирання)

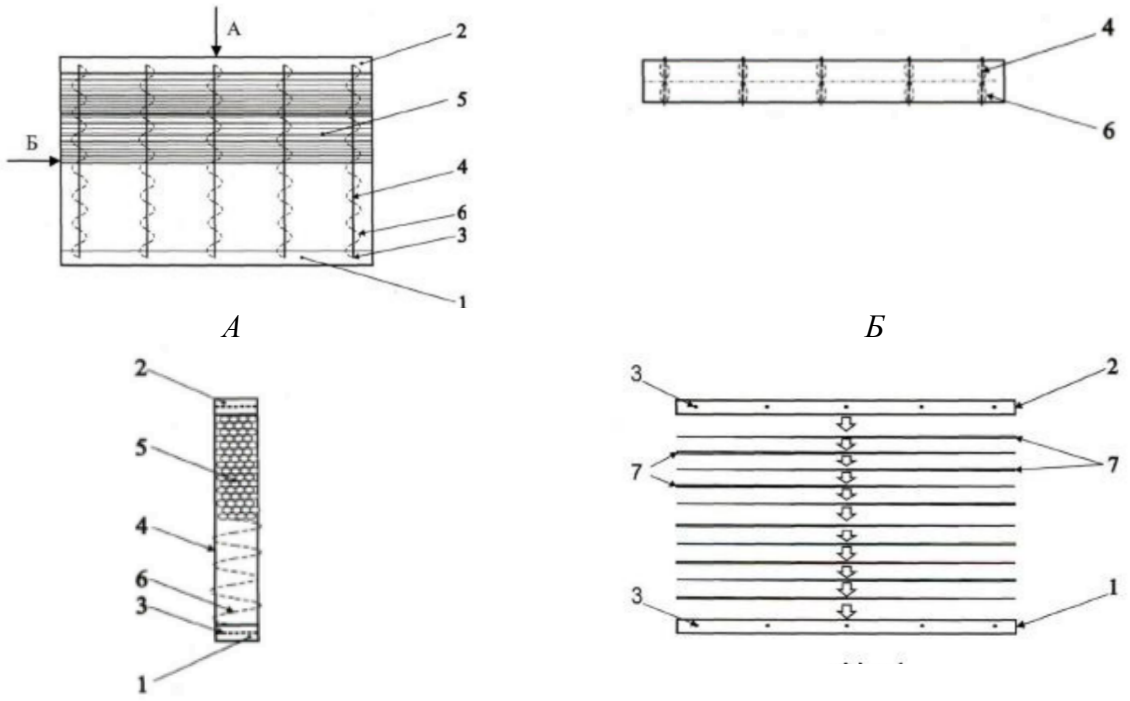
Гніздовий корпус (1) виконаний каркасним з нижньої (5), середньої (6) та верхньої (7) рам з деревини, наповнювача (8) із стебел міскантуса, орієнтованих поперемінно потовщеними кінцями (9) у різні боки, бокових планок (10) та кутових планок (11). На верхній рамі (7) зроблені вибірки (12) під розміщення плечиків рамок. На середній рамі (6) виконані льотки (13), а на нижній рамі (5) – льотки (14). Магазинний корпус (2) також виконаний каркасним з аналогічних до гніздового корпусу (1) складових: нижньої (15) та верхньої (7) рам з деревини, наповнювача (8) із стебел міскантуса, орієнтованих поперемінно потовщеними кінцями (9) у різні боки, бокових планок (16) та кутових планок (17). Дно (3) виконане з ніжками (18). Розміри преса, розміри нижньої (5) і (15), середньої (6) та верхньої (7) рам з деревини виконані із забезпеченням наповнювачу (8) товщини до 50 мм. Виготовляють вулик наступним чином. Після збору стебел міскантуса проводять їх сортування та нарізку на заготовки. Гніздовий корпус (1) та магазинний корпус (2) виготовляють аналогічним способом. Наприклад, при виготовленні гніздового корпусу (1) у спеціальному пресі закладають нижню раму (5) з деревини, наверх горизонтально, поперемінно потовщеними кінцями (9) у різні боки, вкладають стебла міскантуса, заповнюючи вільний простір в пресі до рівня, що відповідає місцезнаходженню середньої рами (6), встановлюють останню та завершують конструкцію верхньою рамою (7). Після цього пресують шляхом вертикального навантаження.

Кути гніздового корпусу (1) закривають кутовими планками (11) (у вигляді зігнутих під кутом 90° смуг листового металу) та фіксують до нижньої (5), середньої (6) та верхньої (7) рам. До останніх також фіксують бокові планки (10) (при виготовленні магазинного корпусу використовують нижню раму (15), верхню раму (7), кутові планки (17) та бокові планки (16).Застосування запропонованих вуликів дозволяє забезпечити наступний технічний результат: з’являється можливість створення вулика з матеріалу природного походження, що практично не пошкоджується гнилісними (сапрогенними) бактеріями, грибами, комахами і

гризунами та не шкодить життєдіяльності бджіл; з'являється можливість заготівлі заповнювача для виробництва вуликів в найкращий час пори року і з найменшими витратами, коли кількість лігніну у відсотковому співвідношенні найбільша; скорочуються матеріальні і трудові витрати при заготівлі сировини для виготовлення вулика; забезпечується високий рівень механізації процесу заготівлі сировини для виготовлення вулика за рахунок роботи на суходолі; забезпечується у вулику оптимальні гігієнічні умови для бджіл в зимовий та літній пори року; забезпечуються умови, які сприяють розвитку та продуктивності бджолиних сімей; забезпечуються умови для зменшення обсягів споживання бджолами меду для підтримання необхідної температури всередині клуба в зимовий період; підвищується економічна ефективність промислового виробництва вуликів протягом року.

Отже, вулики, розроблені з природного матеріалу міскантуса, стійкі до гниття та пошкодження комахами і гризунами, не шкідливі та забезпечують оптимальні гігієнічні умови для бджіл, що сприяє реалізації потенційної продуктивності бджолиних сімей. Собівартість вуликів з міскантуса у 1,2 рази нижча, у порівнянні з вуликами з очерету, за рахунок скорочення матеріальних і трудових затрат при заготівлі сировини на суходолі.

Також розроблені заставна дошка та утеплювальна мата. Заставна дошка для вулика містить дві паралельно розташовані планки (1) та (2) з отворами (3) для протягування шпагату (4), розміщеного між планками (1) та (2) наповнювача (5) у вигляді стебел міскантуса (рис 1.3).



А *Б*

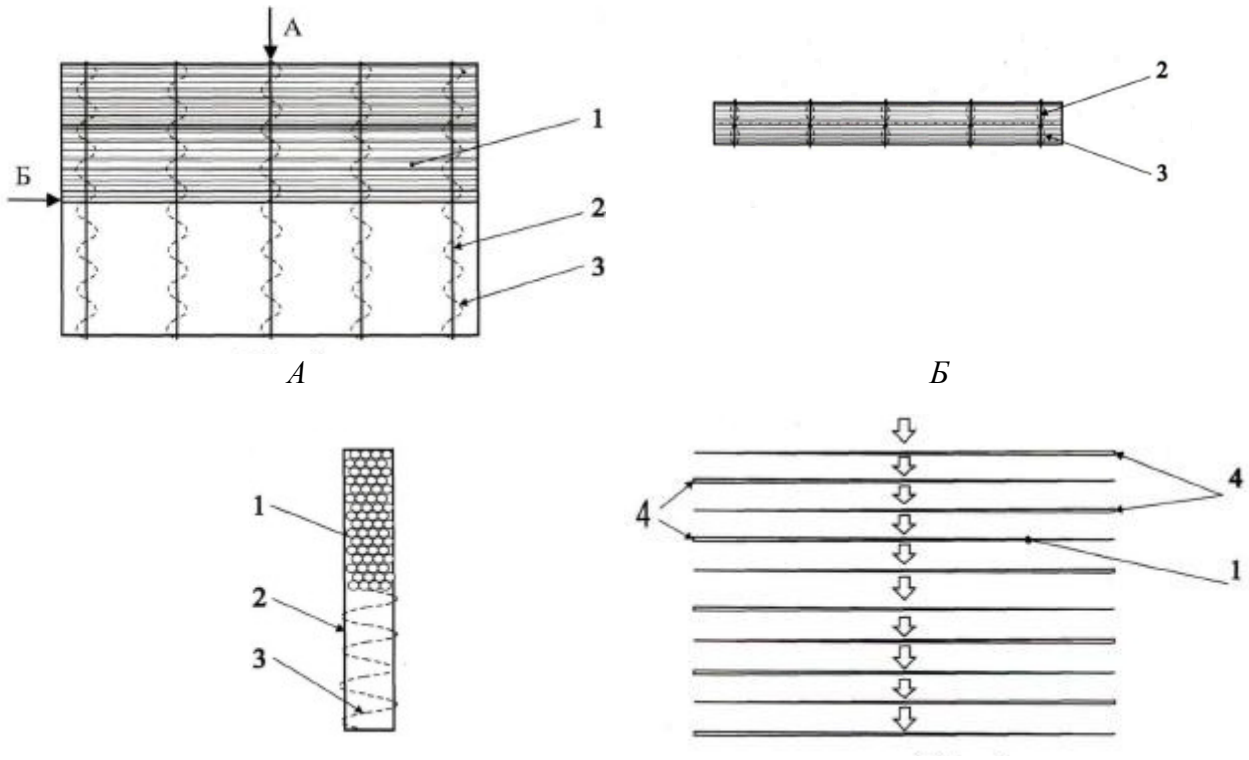
В *Г*

Рисунок 1.3 Заставна дошка з використанням міскантуса

(А – вигляд спереду, Б – вигляд зверху, В – вигляд збоку, Г – схема збирання)

Шпагат (4) поєднує між собою планки (1) та (2). Шпагат (6) поєднує шпагат (4) і наповнювач (5) стібками з кроком, що дорівнює товщині заставної дошки, утримуючи усю конструкцію у заданій формі. Стебла міскантуса наповнювача (5) орієнтовані попеременно потовщеними кінцями (7) у різні боки. Товщина планок (1) та (2) виконана 50 мм, що сумісно з такою ж товщиною наповнювача (5) забезпечує тепловий опір для задовільних умов зимівлі бджіл.

Утеплювальна мата для вулика містить заповнювач у вигляді стебел міскантусу (1) за товщиною, яка забезпечує задовільні умови зимівлі бджіл, та гнучкі засоби його кріплення, що зв'язують між собою стебла міскантусу (1), у вигляді шпагату (2) та обв'язуючого шпагату (3) (рис. 1.4).



А *Б*

В *Г*

Рисунок 1.4 Утеплювальна мата використанням міскантуса

(А – вигляд спереду, Б – вигляд зверху, В – вигляд збоку, Г – схема збирання)

Стебла міскантусу (1) орієнтовані поперемінно потовщеними кінцями (4) у різні боки. Зазвичай товщина утеплювальної мати для вулика відповідає розміру в 50 мм, що забезпечує потрібний тепловий опір для задовільних умов зимівлі бджіл, а розміри (довжина та ширина) відповідають розміру даху вулика, в якому його передбачається використовувати. Шпагат (3) обв'язує стебла міскантусу (1) та шпагат (2) стібками з кроком, що дорівнює товщині мата, утримуючи усю конструкцію у заданій формі (рис. 1.4).

Розробка та впровадження вуликів, заставної дошки і утеплювальної мати з міскантусу є кроком у напрямі екологізації сучасного бджільництва та підвищення його енергоефективності. Встановлено, що міскантус як конструкційний матеріал має низку важливих переваг: високу теплоізоляційну здатність, низьку гігроскопічність, біостійкість, достатню механічну міцність та можливість промислового вирощування з мінімальними затратами. Застосування цього матеріалу забезпечує створення оптимального мікроклімату у вулику впродовж року, сприяє збереженню енергії бджолиного клубу в зимовий період та покращує санітарно-гігієнічні умови для життєдіяльності бджіл.

У порівнянні з традиційними матеріалами, зокрема очеретом, вулики з міскантусу виявились економічно вигіднішими – собівартість їх виготовлення на 20% нижча, що досягається завдяки простоті заготівлі сировини на суходолі та зниженню трудомісткості виробництва. Крім того, конструкція дозволяє досягти високого рівня механізації при виготовленні, що відкриває перспективи для серійного виробництва.

Розроблені конструктивні рішення – вертикальний багатокорпусний вулик, вулик-лежак, заставна дошка та утеплювальна мата – повністю відповідають принципам сталого розвитку. Вони забезпечують не лише енергоефективність, довговічність і зручність в експлуатації, але й екологічну безпеку продукції бджільництва, що є особливо актуальним у контексті розвитку органічного виробництва та інтеграції екологічно орієнтованих агротехнологій.

1.2.2.2. Використання будівельної рамки для регулювання закліщеності бджолиних сімей. Варооз залишається однією з найбільш небезпечних інвазійних хвороб медоносних

бджіл, яка суттєво знижує життєздатність бджолиних сімей, їхню продуктивність та зимостійкість. Традиційна система боротьби з кліщем *Varroa destructor* базується на використанні хімічних акарицидів, однак це викликає низку проблем, зокрема ризик формування резистентності у паразита, забруднення продукції бджільництва залишками препаратів, зниження якості воску та меду.

У сучасних умовах особливого значення набуває впровадження альтернативних, екологічно безпечних методів регуляції чисельності кліща, що відповідають принципам сталого розвитку та концепції виробництва органічної продукції. Одним із таких методів є застосування будівельної рамки, яка дозволяє створювати у вулику контрольований осередок розвитку трутневого розплоду – основного об'єкта паразитування кліща вароа. Регулярне вирізання такого розплоду знижує рівень закліщеності без хімічного втручання, покращуючи загальний санітарний стан бджолиних сімей. Тому, дослідження ефективності використання будівельної рамки як біологічного методу контролю чисельності кліща *Varroa destructor,* порівняння його з традиційною хімічною обробкою, а також оцінка впливу цього підходу на життєздатність, зимостійкість і продуктивність бджолиних сімей є надзвичайно актуальними в умовах сучасного бджільництва.

Будівельна рамка має й іншу функції – це багатофункціональний інструмент у сучасному бджільництві, що використовується не лише для контролю ройового стану, оптимізації воскового виробництва та оцінки загального стану бджолосім'ї. Так, якщо бджоли активно будують стільники без маточників, це свідчить про стабільність розвитку сім'ї, натомість, поява мисочок свідчить про підготовку до роїння. Будівельна рамка сприяє активному будівництву та восковиділенню, що збільшує вихід воску з пасіки. За характером відбудови можна оцінити силу, працездатність, настрій та наявність захворювань у бджіл, тобто здійснювати моніторинг розвитку сімей та вести порівняльний аналіз для масової селекції на пасіці. Таким чином, використання будівельної рамки, є безпечним, екологічнодружнім технологічним рішенням, яке можна активно рекомендувати для використання у стійкому бджільництві.

Під час дослідження у першій (контрольній групі) застосовували амітраз (12,5%) за інструкцією. У другий групі (дослідній) використовували будівельну рамку. Це, по суті, гніздова рамка, яка має розміри 435х300 мм, на яку навощують вузьку служку вощини зверху. На ній робочі бджоли будують трутневі комірки, в яких виводять трутнів. Будівельну рамку ставили у гніздо між крайньою рамкою з розплодом і медовими рамками. Стільник вирізали тоді, коли бджоли його відбудовували і запечатували там трутневий розплід. Цю операцію повторювали раз у 3–4 доби. Якщо у бджолиному гнізді є будівельна рамка, то й є трутневий розплід. Саме він приваблює кліща і служить своєрідною пасткою для вароа. Якщо використовувати саме цей метод, потрібно регулярно видаляти розплід, щоб не допустити виходу його з комірок, бо це призведе до збільшення закліщеності.

Під час дослідження було визначено рівень закліщеності бджолиних сімей на початковому етапі (рис. 1.5). У дослідній групі цей показник становив 3,5%, а в контрольній – 3,3%. Різниця між середніми значеннями статистично недостовірна, що свідчить про однаковий рівень ураження бджолиних сімей паразитом в обох групах на старті дослідження.

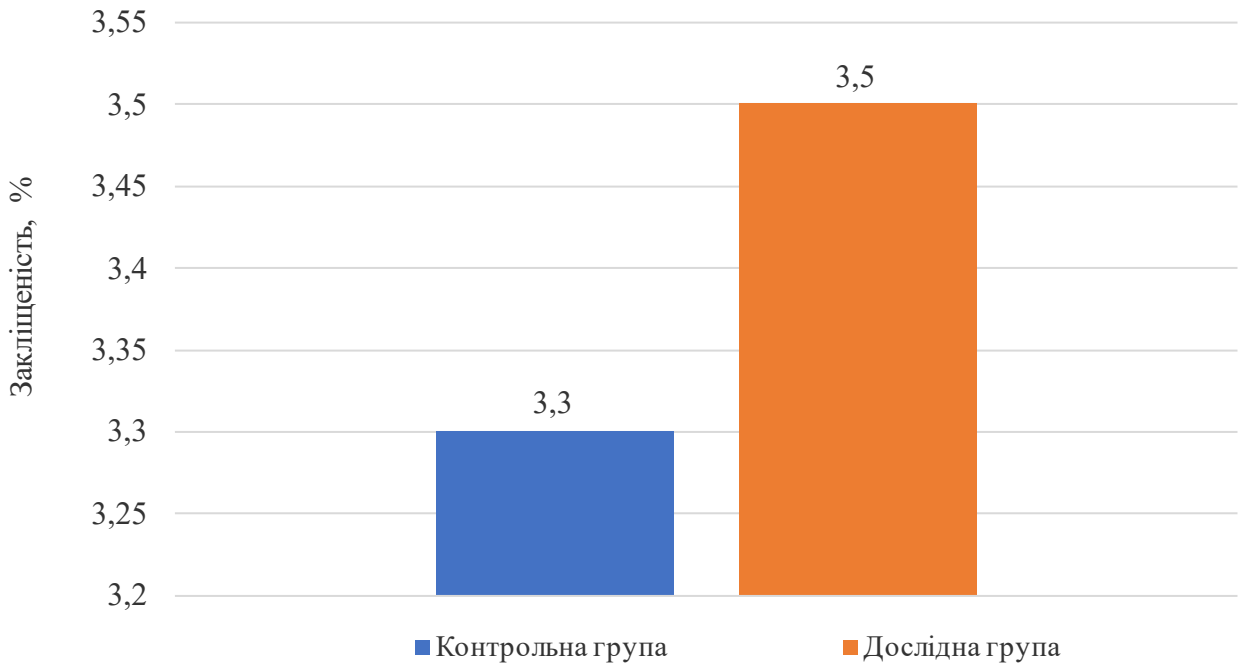


Рисунок 1.5 Закліщеність бджолиних сімей у ранньовесняний період (n=6)

Згідно з результатами досліджень (рис. 1.6), усереднена сила бджолиних сімей у контрольній та дослідній групах на момент проведення весняної ревізії була майже однаковою (різниця статистично недостовірна).

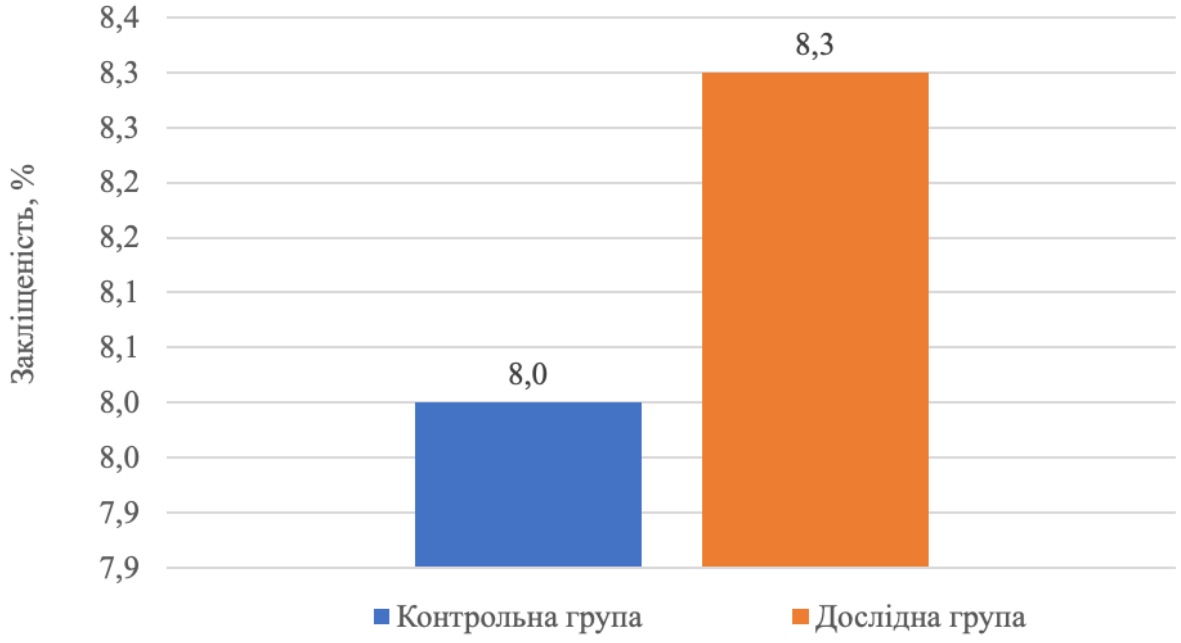


Рисунок 1.6 Сила бджолосімей на початок досліджень (n=6)

Хоча динаміка чисельності популяції вароа в обох групах була подібною, кінцевий показник у дослідній групі виявився майже вдвічі нижчим ($p \leq 0,001$), ніж у контрольній. Це пояснюється використанням будівельних рамок, завдяки яким у гнізді постійно присутній відкритий трутневий розплід. Він слугує біологічною пасткою, приваблюючи кліщів.

Восени, після завершення вирощування розплоду, бджолині сім'ї контрольної групи обробили препаратом з амітразом (12,5%). Наступної весни у бджолосім'ях визначили закліщеність (рис. 1.7).

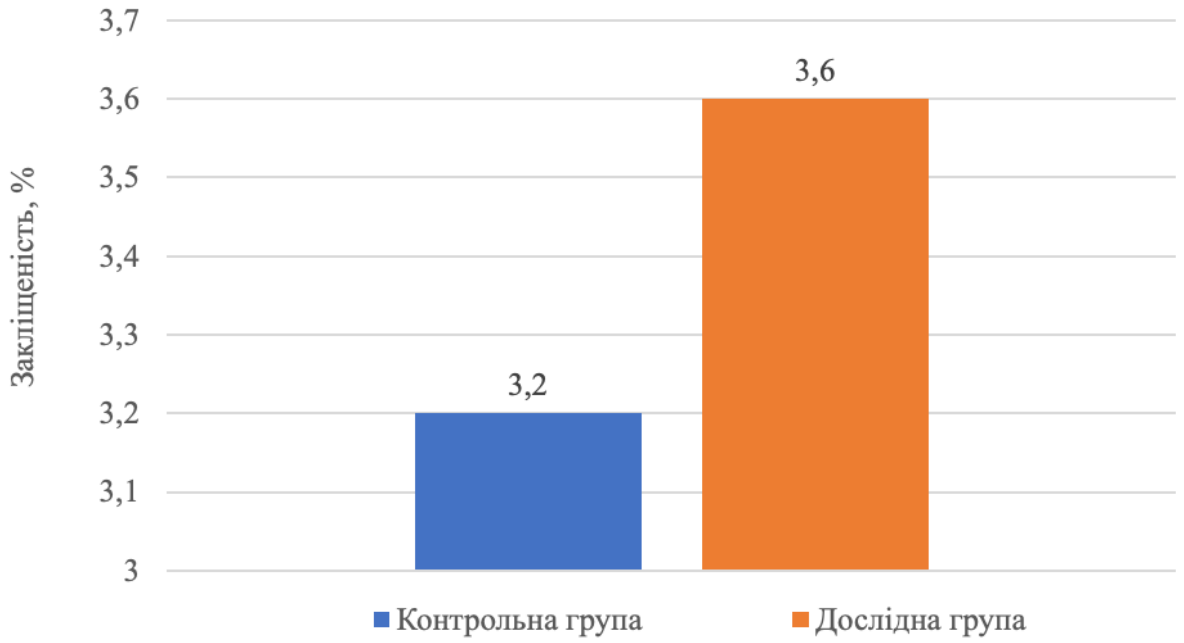


Рисунок 1.7 Закліщеність у весняний період наступного року (n=6)

З рис.1.7 видно, що ступінь закліщеності без обробки хімічним препаратом, але з використанням будівельної рамки у минулому сезоні не суттєво відрізняється у порівнянні із сім'ями, що обробляли амітразом (12,5%).

Бджолині сім'ї, уражені вароозом, входять у зиму ослабленими, що негативно впливає на їхню зимостійкість. Це відображається у таких показниках, як витрати корму протягом зимового періоду та ступінь ослаблення сімей (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 Життєздатність і продуктивність бджолосімей (M±m, n=6)

Показники	Групи бджолосімей	
	контрольна	дослідна
Споживання корму, кг	9,2±0,65	9,6±0,51
Ослаблення бджолосімей, вуличок	1,9±0,32	1,8±0,34
Медопродуктивність, кг	39,1±1,31	41,2±1,31
Воскопродуктивність, кг	0,6±0,12	1,5±0,14

Протягом зимівлі жодна бджолина сім'я з обох груп не загинула, однак сім'ї контрольної групи спожили менше корму та втратили на 0,1 вулички менше, ніж сім'ї дослідної групи. Різниця між показниками була статистично недостовірною. Аналіз продуктивності бджолиних сімей показав, що медова продуктивність у обох груп була однаковою. Натомість воскова продуктивність у сім'ях дослідної групи, де застосовували будівельні рамки, виявилася вдвічі вищою ($p \leq 0,01$). Це зростання забезпечилося завдяки регулярному вирізанню пасічником стільників із трутневим розплодом, які використовували як додаткову сировину для отримання воску. Результати досліджень засвідчують, що застосування будівельних рамок як біологічного методу боротьби з вароозом є ефективною альтернативою хімічним засобам. Такий підхід дозволяє утримувати рівень закліщеності бджолиних сімей на низькому рівні протягом усього медозбору, не вдаючись до використання акарицидів, що, своєю чергою, сприяє виробництву екологічно чистої бджільницької продукції.

1.3. Кероване бджолозапилення, як важливе технологічне рішення для сталого бджільництва.

Леонора Адамчук, Діна Лісогурська, Світлана Фурман, Ольга Лісогурська

У сучасних умовах забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку аграрного сектору неможливе без урахування ролі екосистемних послуг, зокрема запилення комахами. Медоносні бджоли, як провідні ентомофільні запилювачі, є ключовими чинниками формування врожайності значної частини сільськогосподарських культур. Проте останніми роками у світі спостерігається стрімке скорочення чисельності як диких, так і утримуваних запилювачів, що загрожує не лише біорізноманіттю, а й функціонуванню продовольчих систем.

На цьому тлі особливого значення набуває концепція керованого бджолозапилення – технології цілеспрямованого використання бджолиних сімей для запилення ентомофільних культур. Такий підхід забезпечує не лише підвищення кількісних і якісних показників урожаю, а й сприяє збереженню біорізноманіття, інтеграції екосистемних послуг у сільське господарство та зменшенню залежності аграрного виробництва від хімічних засобів.

У контексті реалізації Європейського зеленого курсу та адаптації українського агросектору до вимог європейської екологічної політики, кероване запилення розглядається як перспективний інструмент зеленої трансформації сільського господарства. Це відповідає стратегії «Від лану до столу» та низці цілей сталого розвитку, зокрема щодо зменшення використання пестицидів, розширення органічного землеробства та підвищення стійкості агросистем до кліматичних змін.

Актуальність дослідження обумовлена потребою у впровадженні екологічно безпечних, рентабельних і науково обґрунтованих технологій, які б сприяли формуванню стійких продовольчих систем в Україні. Серед них кероване бджолозапилення є прикладом практичного поєднання екологічних підходів із потребами сучасного агровиробництва.

Світове сільське господарство тісно пов’язане з екосистемними послугами, зокрема із бджолозапиленням – процесом, без якого неможливо уявити виробництво багатьох харчових культур. Дослідження *Klein et al.* (2007), які охоплюють дані з 200 країн, засвідчують, що 87 із провідних світових культур тією чи іншою мірою залежать від запилювачів – переважно бджіл. При цьому лише 28 культур не потребують участі бджіл у процесі запилення. Однак цікаво, що якщо розглядати не кількість культур, а обсяг світового виробництва, картина дещо змінюється: 60% продукції припадає на культури, які не залежать від бджолозапилення, 35% – на ті, що залежать. Щоб краще зрозуміти рівень цієї залежності, дослідники проаналізували всі культури, представлені на світовому ринку, включаючи ті, що запилюються виключно вітром, самозапилюються або утворюють плоди без запилення (партенокарпічні). Згідно з отриманими даними, для 13 культур запилення є критично необхідним, для 30 – високозначущим, для 27 – помірно важливим, для 21 – малозначущим, а для 7 – зовсім неважливим. Ще для 9 культур значення запилення поки залишається невизначеним.

Серед запилювачів медоносні бджоли мають найвищу економічну цінність у світі. За підрахунками, близько 9,5% загальної вартості сільськогосподарського виробництва забезпечується запиленням комахами, що еквівалентно майже 200 мільярдам доларів США щороку. Понад 100 важливих сільськогосподарських культур залежать від запилення саме медоносними бджолами. Вони не лише забезпечують запилення великої кількості комерційних рослин, але й відіграють важливу роль у збереженні дикої флори, зокрема рідкісних і зникаючих видів, що є важливими генетичними ресурсами. Як запилювачі, медоносні бджоли підтримують функціонування екосистем, які забезпечують їжу й середовище існування для багатьох видів тварин. Скорочення їх чисельності впливає на різні сектори економіки та на стан здоров’я людини, підкреслюючи їхню незамінну роль у забезпеченні сталого розвитку *(Hristov et al., 2020).*

Одним із практичних підтверджень ефективності бджолозапилення є результати експериментів, проведених Saez et al. (2020), згідно з якими середня урожайність мигдалю з

ізольованих дерев становила 4,49 кг, тоді як за відкритого запилення цей показник сягав 5,53 кг, а в контрольній групі – 5,31 кг. Це свідчить про значний внесок ентомофільного запилення у формування врожайності та ефективність агровиробництва.

Таким чином, бджолозапилення – це не лише біологічний процес, а стратегічний ресурс. Його роль у виробництві овочів, фруктів, насіння та інших продовольчих культур є критичною. Це потребує екологічно орієнтованих підходів до агровиробництва. Лише у такий спосіб можна забезпечити сталий розвиток сільського господарства та продовольчу безпеку в умовах глобальних викликів та імплементації Європейського зеленого курсу. Тому метою дослідження було дослідити роль керованого бджолозапилення як екологічно орієнтованого агротехнічного інструменту, що сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур і формуванню стійких продовольчих систем в умовах реалізації Європейського зеленого курсу в Україні.

У ході дослідження було застосовано міждисциплінарний підхід, що поєднував аналіз теоретичних джерел, емпіричних даних і результатів практичного впровадження технологій керованого бджолозапилення в Україні. Основою для дослідження слугували наукові публікації, офіційні статистичні джерела, матеріали аналітичних платформ та результати практичних ініціатив реалізації освітніх проєктів. Для досягнення поставленої мети було здійснено комплексний аналіз літератури щодо впливу бджолозапилення на врожайність сільськогосподарських культур, а також контент-аналіз стратегічних документів, зокрема Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики до 2030 року» та положень Європейського зеленого курсу.

Моніторингово-аналітичним методом проаналізовано динаміку середньої та максимальної врожайності соняшнику і ріпаку в Україні за останні п’ять років. Окрему увагу приділено оцінці практичного досвіду, отриманого в ході інформаційно-навчальної кампанії, проведеної Асоціацією керованого запилення «BeesAgro» у восьми областях України, в якій взяли участь понад 500 представників аграрного сектору. Крім того, у межах освітнього експерименту в Поліському національному університеті було впроваджено дисципліну «Кероване бджолозапилення», що дало змогу дослідити ефективність інтеграції цієї тематики в систему аграрної освіти. Такий підхід дозволив комплексно оцінити роль керованого бджолозапилення як екологічно орієнтованого агротехнічного інструменту, що сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур і формуванню стійких продовольчих систем в умовах реалізації Європейського зеленого курсу в Україні.

Кероване бджолозапилення є цілеспрямованим використанням медоносних бджіл для запилення ентомофільних сільськогосподарських культур з метою підвищення їх урожайності, покращення якісних характеристик продукції та формування доданої вартості. Історично цей метод уперше застосовано у США у 1909 році, коли бджолині сім’ї були використані на комерційній основі для запилення яблуневих садів у Нью-Джерсі. З того часу бджолозапилення стало ключовим агротехнічним інструментом в інтенсивному рослинництві, зокрема в таких культурах як мигдаль, де вартість оренди однієї бджолосім’ї зросла з $70 США у 1995 році до $180 у 2018 році *(Morse et al., 2000; Saez et al., 2020).*

В Україні використання керованого бджолозапилення поки що не набуло широкого поширення. Основними бар’єрами залишаються: обмежена поінформованість агровиробників про економічну ефективність запилення, відсутність стабільного ринку запилювальних послуг, низький рівень взаємодії між фермерами та пасічниками, а також прогалини в нормативно-правовому забезпеченні.

З метою розвитку ринку послуг керованого бджолозапилення реалізовано низку важливих ініціатив. Зокрема, створено онлайн-платформу BeesAgro, яка надає інструменти для організації бджолозапилення, зокрема побудову карт розміщення вуликів, розрахунок потреб у бджолосім’ях, створення технологічних карт запилення, методичну підтримку, юридичне та консультаційне супроводження. У 2021 році Асоціацією керованого запилення «BeesAgro» було проведено масштабну інформаційно-навчальну кампанію в восьми регіонах України (Дніпропетровська, Запорізька, Миколаївська, Одеська, Полтавська, Харківська,

Херсонська, Черкаська області), що охопила понад 500 учасників – пасічників, фермерів, представників влади та місцевого самоврядування. Це стало важливим кроком до формування прозорого ринку запилювальних послуг.

Важливим досягненням у контексті освітнього забезпечення стало запровадження у Поліському національному університеті навчальної дисципліни «Кероване бджолозапилення», що сприяє формуванню фахової компетентності здобувачів освіти у сфері «зелених» агротехнологій.

Незважаючи на позитивну динаміку, розвиток ринку послуг керованого бджолозапилення в Україні стримується наслідками повномасштабної війни та низькою залученістю фермерів. Виникає потреба у продовженні цілеспрямованої інформаційної та освітньої роботи серед агровиробників.

Актуальність керованого запилення зростає в умовах реалізації екологічної політики. Його широке впровадження сприяє досягненню цілей Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики до 2030 року» *(Коваленко, 2012)* та Європейського зеленого курсу, зокрема: скорочення використання пестицидів на 50%, збільшення частки органічного землеробства до 25 %, відновлення біорізноманіття на сільськогосподарських територіях, підтримка природних запилювачів, зниження антропогенного навантаження на екосистеми, досягнення кліматичної нейтральності.

Впровадження керованого бджолозапилення в Україні, разом з іншими інноваційними технологіями вирощування, сприятиме підвищенню урожайності сільськогосподарських культур і якості продукції та формуванню доданої вартості, а також удосконаленню раціонального використання природних ресурсів, зокрема, ґрунту. Фермери мають усвідомити, що набуття Україною статусу кандидата у члени ЄС передбачає імплементацію Європейського зеленого курсу та беззаперечне досягнення його цілей. Європейський зелений курс – це стратегія розвитку ЄС, яка спрямована на побудову справедливого та процвітаючого суспільства до 2050 року. ЄЗК прийнятий Європейською Комісією у грудні 2019 року.

Основи та Дорожня карта ЄЗК закладені в Комюніке. Головні сфери дії ЄЗК – енергетика, транспорт, промисловість, будівництво, сільське господарство і продовольство, охорона навколишнього середовища та біорізноманіття. План реалізації ЄЗК – перегляд усіх законодавчих актів на предмет кліматичних переваг, охорони навколишнього середовища та підвищення добробуту громадян. Україна заявила про добровільний намір долучилась до ЄЗК у січні 2020 року. Набуття нашою країною статусу кандидата у члени ЄС та вступ до конфедерації передбачає беззаперечну імплементацію ЄЗК та його виконання.

В основу ЄЗК в аграрній сфері покладено стратегію «Від ферми до виделки» («Від лану до столу») (2020 р.), спрямовану на справедливу, здорову та екологічно чисту систему харчування. Мета цієї стратегії полягає в тому, щоб забезпечити доступ до здорової, доступної та екологічно чистої їжі; боротися зі зміною клімату; захищати навколишнє середовище та біорізноманіття; сприяти справедливому розподілу доходів у всьому харчовому ланцюзі; стимулювати розвиток органічного фермерства. Цільові показники стратегії «Від ферми до виделки» до 2030 р. – скорочення використання пестицидів та добрив і збільшення частки земельного фонду сільського господарства, яке використовується органічним землеробством до 25 %. В таких умовах фермери будуть вимушені сіяти більшу кількість видів сільськогосподарських культур, зменшити використання добрив та пестицидів, шукати екологічно безпечні шляхи підвищення урожайності та якості сільськогосподарської продукції, одним з яких є бджолозапилення. У зв’язку з цим є потреба у проведенні освітніх заходів щодо переваг зелених технологій у сільському господарстві, зокрема, й бджолозапилення.

Впровадження керованого бджолозапилення в Україні є стратегічно важливим інструментом інтенсифікації аграрного виробництва, збереження природного середовища та забезпечення відповідності аграрної політики екологічним вимогам ЄС. Це не лише шлях до підвищення врожайності, а й до сталого розвитку агросфери в умовах глобальних викликів.

Про це свідчить статистика щодо виробництва стратегічних для України культур – соняшнику та ріпаку.

Потенціал соняшникової галузі в Україні наразі реалізується лише на 55–70%, тоді як у провідних країнах за допомогою інноваційних технологій досягають 3,5–4,0 т/га. Ріпак хоча й демонструє значне зростання: за 20 років урожайність в Україні зросла більш як утричі (з 8,5 ц/га до 25,7 ц/га), однак світовий рекорд значно вищий – 7,01 т/га.

Резерви для підвищення урожайності цих культур в Україні не вичерпані, оскільки у деяких областях протягом останніх п'яти років вона становила 33,0–33,3 ц/га, при середній по країні – 22,5 *(Лісогурська та ін., 2025).*

Дослідження підтверджують, що в умовах вільного запилення, наприклад, ріпаку спостерігається зростання кількості стручків, насінин у стручку, маси 1000 насінин, що забезпечує приріст урожайності у 1,5 раза (*Durán et al.,* 2010).

Кероване бджолозапилення є екологічно орієнтованим агротехнічним інструментом, здатним забезпечити стале зростання врожайності сільськогосподарських культур і сприяти формуванню стійких продовольчих систем в Україні. Проведене дослідження довело, що застосування цього підходу підвищує якість і обсяг сільськогосподарської продукції, водночас сприяючи збереженню біорізноманіття, раціональному використанню природних ресурсів та інтеграції екосистемних послуг у практику агровиробництва. Успішна реалізація освітніх, технологічних та інформаційних ініціатив засвідчує наявність бази для розвитку ринку керованого бджолозапилення в Україні.

Однак для його подальшого розширення необхідне усунення наявних бар’єрів, зокрема – недостатньої обізнаності фермерів і взаємодії з пасічниками та нормативно-правової неврегульованості. У контексті реалізації Європейського зеленого курсу кероване бджолозапилення відповідає ключовим цілям екологічної трансформації агросектору: скорочення використання пестицидів, зростання площ органічного землеробства, відновлення екосистем і підтримка природних запилювачів. Це визначає бджолозапилення як важливу складову переходу до сталого, кліматично нейтрального та конкурентоспроможного сільського господарства в Україні.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність і перспективність масштабного впровадження керованого бджолозапилення як інструменту адаптації аграрного сектору до європейських екологічних стандартів і цілей сталого розвитку. У контексті Європейського зеленого курсу кероване запилення розглядається як одна з ключових біоекономічних технологій, що дозволяє забезпечити зростання врожайності без посилення хімічного навантаження на екосистему. Це відповідає цілям ЄЗК щодо зменшення забруднення, збереження біорізноманіття та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні агроекологічної та економічної ефективності керованого бджолозапилення в умовах різних природно-кліматичних зон України, а також розробці моделей оптимальної взаємодії між агровиробниками та пасічниками. Актуальним є створення системи стандартизації та сертифікації послуг із бджолозапилення, що сприятиме формуванню прозорого ринку запилювальних послуг. Подальші дослідження також охоплюватимуть адаптацію цифрових рішень (GIS-технологій, моніторингових систем, платформ дистанційного управління) та розробку інтегрованих стратегій у рамках концепції «Єдиного здоров’я» і Європейського зеленого курсу. Важливим напрямом є також аналіз потенціалу керованого бджолозапилення як інструменту підвищення кліматичної стійкості агросистем.

1.4. Стан і динаміка органічного бджільництва в умовах екологічної трансформації агросектору України

Діна Лісогурська, Леонора Адамчук, Світлана Фурман, Ольга Лісогурська

У контексті зростаючого попиту на екологічно чисту продукцію та глобального курсу на сталий розвиток, особливого значення набуває органічне сільське господарство, зокрема - органічне бджільництво. Як одна з найважливіших галузей, пов'язаних із виробництвом харчової продукції та наданням екосистемних послуг, бджільництво відіграє ключову роль у збереженні біорізноманіття, покращенні врожайності ентомофільних культур та підтримці стійкості агроландшафтів. Зростання кількості органічних операторів, розширення сертифікованих земель сільськогосподарського призначення та формування попиту на органічну продукцію в Україні створюють сприятливі умови для розвитку органічного бджільництва. Це набуває особливої актуальності в контексті імплементації екологічної політики України та її адаптації до вимог Європейського зеленого курсу, який передбачає зменшення використання пестицидів, розвиток органічного виробництва та збереження природних запилювачів.

Згідно із завданнями дослідження, була проаналізована динаміка площ сільськогосподарських земель, зайнятих під органічним виробництвом (з органічним статусом) (2017–2020 рр.). Для цього були використані дані ТОВ «ОРГАНІК СТАНДАРТ». За результатами комплексного теоретичного аналізу цих даних обґрунтована перспектива розвитку органічного бджільництва. Для досліджень використовувались такі теоретичні методи наукового дослідження як спостереження, аналіз, синтез, індукція, дедукція, порівняння та абстрагування.

За результатами дослідження здійснено комплексний аналіз статистичних даних щодо стану та динаміки розвитку органічного бджільництва в Україні, зокрема змін у кількості органічних пасік, а також площ сільськогосподарських угідь, сертифікованих для органічного виробництва. Встановлено, що, незважаючи на те, що частка органічних пасік наразі становить лише 0,1% від загальної кількості, спостерігається позитивна тенденція до зростання: протягом останніх п'яти років кількість операторів органічного ринку зросла у 60 разів. На кінець досліджуваного періоду 91 пасіка перебувала у перехідному періоді до набуття органічного статусу (рис. 1.8).

Також відзначено суттєве зростання площ органічних сільськогосподарських земель: площі з офіційно визнаним органічним статусом збільшилися у 1,5 раза, а загальні площі, зайняті під органічне виробництво (включаючи ті, що перебувають у перехідному періоді), - удвічі. Така динаміка є вагомою передумовою для подальшого розвитку органічного бджільництва, яке безпосередньо залежить від наявності екологічно безпечних територій, вільних від хімічних засобів захисту рослин (рис. 1.9).

Розширення органічного виробництва створює сприятливі умови для нарощування обсягів виробництва органічного меду, підвищення його якості та конкурентоспроможності на світовому ринку. Це також формує підґрунтя для зміцнення експортного потенціалу України як одного з ключових виробників органічної апіпродукції у Східній Європі. Результати аналізу дають підстави стверджувати, що за наявності відповідної державної підтримки та інформаційно-освітнього супроводу кількість органічних пасік в Україні продовжуватиме зростати, забезпечуючи сталий розвиток бджільництва в екологічно орієнтованому руслі.

Проведений аналіз статистичних даних свідчить про позитивну динаміку розвитку органічного сектору в Україні, зокрема у сфері бджільництва. За останні п'ять років кількість операторів органічного ринку зросла у 60 разів, а 91 пасіка перебуває у перехідному періоді, що свідчить про активізацію процесу переходу до органічного виробництва.

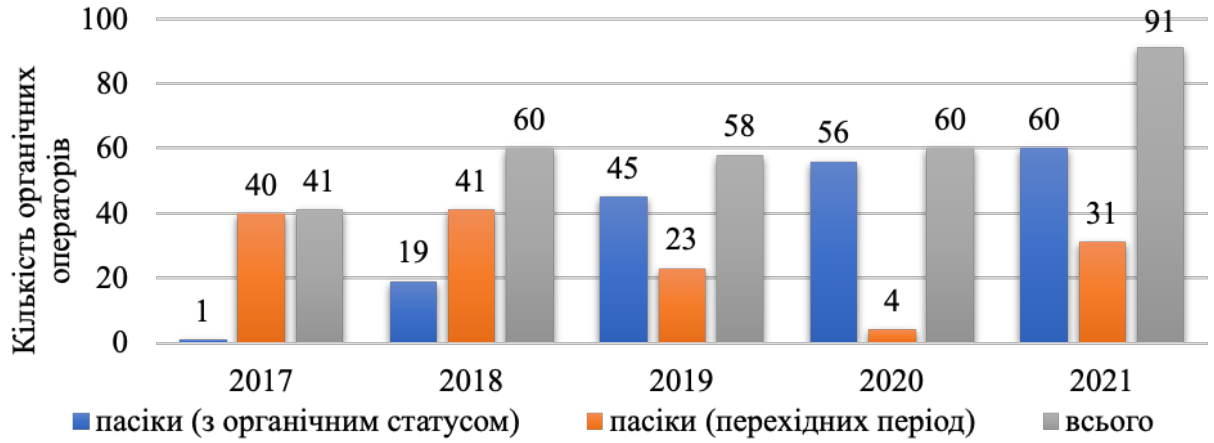


Рисунок 1.8 Динаміка кількості органічних пасік в Україні

Рисунок 1.9 Динаміка площі сільськогосподарських земель в Україні, зайнятої під органічним виробництвом (з органічним статусом)

Частка органічних пасік в загальній структурі бджільництва поки що залишається низькою (0,1%), однак зростання площ органічно сертифікованих угідь у 1,5–2 рази за аналогічний період створює сприятливі умови для нарощування обсягів органічного бджолиного господарства. Розширення площ органічного виробництва є критично важливим фактором для розвитку органічного бджільництва, оскільки забезпечує екологічно безпечне середовище, вільне від пестицидів та інших хімічних засобів, що відповідає вимогам до виробництва органічної апіпродукції. Подальше зростання кількості органічних пасік сприятиме зміцненню позицій України на міжнародному ринку органічного меду, підвищенню конкурентоспроможності українських виробників, а також розвитку екологічно орієнтованих форм агровиробництва. Для реалізації потенціалу органічного бджільництва в Україні необхідна підтримка з боку держави, зокрема у формі стимулювання сертифікації, налагодження інформаційно-освітньої підтримки для пасічників та розвитку інфраструктури збуту органічної продукції.

Комплексне дослідження проблем сучасного бджільництва засвідчило, що вимирання медоносної бджоли, як виду, є серйозною глобальною загрозою для біорізноманіття, продовольчої безпеки та стабільності агроекосистем.

Основними чинниками цього процесу є паразитарні та вірусні хвороби, пестициди, деградація кормової бази, зміна клімату та інтенсифікація агровиробництва. В умовах реалізації Європейського зеленого курсу та Цілей сталого розвитку ООН зростає потреба у впровадженні екологічно орієнтованих технологій для збереження популяцій запилювачів і формування сталих продовольчих систем. Розробка й впровадження технологічних рішень – зокрема органічного та керованого бджолозапилення, використання будівельної рамки для біологічного контролю кліща вароа, а також створення вуликів із біосировини (міскантусу) – довели свою ефективність у підвищенні життєздатності бджолиних сімей, покращенні гігієнічних умов утримання, зменшенні закліщеності та підвищенні рентабельності пасік. Запропоновані вулики, заставні дошки та утеплюючі мати з міскантусу є прикладом втілення концепції зеленого інжинірингу. Вони екологічно безпечні, довговічні, технологічно придатні для серійного виробництва та забезпечують оптимальний мікроклімат у вулику протягом року. Такі рішення повністю узгоджуються з потребами органічного бджільництва.

Водночас результати дослідження ефективності керованого запилення демонструють значний агрономічний і екологічний ефект: підвищення врожайності ентомофільних культур, зменшення залежності від хімічних засобів та збереження екосистемних послуг. Інтеграція цього підходу в систему аграрної освіти й практики сприятиме формуванню стійких моделей сільського господарства. Отже, розроблені та апробовані технологічні рішення можуть стати основою нової парадигми ведення сталого та органічного бджільництва, що відповідає національним і міжнародним екологічним викликам. Їхнє широке впровадження потребує подальшої державної підтримки, удосконалення нормативної бази та поширення знань серед пасічників і агровиробників.

Методичні рекомендації щодо виробництва продукції для органічного бджільництва. Український ринок меду є одним з найбільш перспективних і динамічних не лише серед усіх агропромислових галузей держави, але й у світовому масштабі. Обсяг виробництва меду в Україні набагато перевищує обсяг споживання та має попит у світі. Зростають темпи і органічного виробництва, яке поєднує в собі найкращі практики з огляду на збереження довкілля, рівень біологічного розмаїття, збереження природних ресурсів, є запорукою покращення харчування, здоров'я та якості життя людини, оскільки забезпечує виробництво безпечної продукції. Наразі є всі підстави стверджувати, що органічні продукти, у тому числі мед стануть пріоритетними у структурі харчування людини.

Ведення органічного господарювання у бджільництві насамперед передбачає забезпечення потреб бджолиних сімей у харчуванні, воді таким чином, щоб територія медозбору була достатньо великою, різноманітною та відповідала вимогам органічного виробництва. Всі методи господарювання повинні спрямовуватися не лише на підвищення продуктивності та темпів приросту сили бджолиних сімей, а й на піклування про їх здоров'я та благополуччя. Належне утримання й догляд за бджолиними сім'ями, ветеринарно-санітарний нагляд, дотримання санітарно-гігієнічних вимог одержання і первинної обробки продукції є істотними факторами безпечності та якості продукції.

Нині бджільництво України та світу перебуває на новому етапі науково-технічного розвитку. Розробляються нові промислові технології виробництва меду з переробкою у різноманітні десерти і крем-меди, одержання перги з використанням штучних стільників, широко реалізується маточне бджолине молочко і трутневий гомогенат уже у вигляді супозиторіїв, БАД, таблеток. Це пов'язано з тим, що на ринку з'явилася підвищена потреба у натуральних оздоровчих продуктах, які отримують від бджіл. Одним з таких продуктів є бджолине обніжжя – зібраний бджолами пилок квітів, сформований у грудочки і збагачений ферментами їх травних залоз. Для бджіл – це білковий корм, а для людини – вітамінно-мінеральний оздоровчий продукт харчування з широкою оздоровчою дією на організм.

В Україні були розроблені та затверджені Детальні правила виробництва органічної продукції (сировини) бджільництва (Постанова Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 208). Однак вони втратили чинність після затвердження Порядку (детальних правил) органічного виробництва та обігу органічної продукції (Постанова Кабінету Міністрів України від 23 жовтня 2019 р. № 970) (zakon.rada.gov.ua). Обидва документи на практиці є досить громіздкими та зі слів пасічників не зручні для практичного використання. Таким чином, колективом фахівців були розроблені методичні рекомендації щодо виробництва меду натурального, бджолиного обніжжя, та гомогенату трутневих личинок (під час застосування біотехнічних методів боротьби та профілактики вароозу) в умовах органічної пасіки.

Видання підготовлене у рамках Договору про співробітництво та організацію взаємовідносин № 01-07/21 р. від 01 липня 2021 р. та Договору про надання послуг №15-07/21 р від 06 липня 2021 року між ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» та ТОВ «Виробниче підприємство «Технології здоров'я», погоджене фахівцями ТОВ «Органік стандарт» для організації та координації виробництва органічної продукції бджільництва.

Методичні рекомендації щодо виробництва меду натурального в умовах органічної пасіки містять таку інформацію: загальні вимоги до первинного органічного виробництва (пасіки, пасічного господарства, бджолоферми); принципи утримання бджіл в умовах належної бджільницької практики під час виробництва органічного меду; детальні вимоги до розміщення органічної пасіки; здоров’я та профілактика захворювань бджолиних сімей; годівля та корми бджіл під час виробництва органічного меду; вимоги до органічного меду та відбір зразків; вимоги до виробничих потужностей та обладнання; особиста гігієна; технологічна карта виробництва меду в умовах органічної пасіки; декларація відповідності; визначення критичних етапів сертифікації. Споживачі сучасного ринку стали більш вимогливими до продуктів харчування, вони хочуть купувати органічні, натуральні, безпечні, якісні та корисні продукти. Саме тому, попит на бджолине обніжжя нестримно зростає і все більше виробників продукції бджільництва починають розвивати цей напрямок у своїх господарствах. Традиційно бджолине обніжжя отримували на пасіках комплексного виробничого напрямку, де основним продуктом був мед, а інші – одержували додатково (прополіс, перга та ін.). Сьогодні, внаслідок природо-кліматичних змін та змін у видовому складі рослин агробіоценозів, все більше підприємств зацікавлені виокремити отримання бджолиного обніжжя в окремий виробничий напрямок у наслідок відсутності достатньої медоносної флори. Якщо розглядати окремі напрямки бджільництва України, то нині потужно розвивається екологічний, туристичний та органічне виробництво, підтримується розвиток малого фермерства, працює багато міжнародних та місцевих проєктів націлених на економічний розвиток регіонів без завдання шкоди довкіллю і збереженню природного біорізноманіття. На основі власного попереднього досвіду та практичної діяльності (Адамчук, 2017; Brovarskij a kolektiv, 2010) колективом було розроблено та описано технологію отримання бджолиного обніжжя на органічній пасіці. Публікація містить інформацію щодо загальних вимог до первинного органічного виробництва (пасіки, пасічного господарства, бджолоферми); принципів утримання бджіл в умовах належної бджільницької практики під час виробництва бджолиного обніжжя; детальних вимог до організації органічної пасіки; здоров'я та профілактики захворювань бджолиних сімей; годівлі та кормів бджіл під час виробництва бджолиного обніжжя; вимог до органічного бджолиного обніжжя та відбору зразків; вимог до виробничих потужностей та обладнання; особистої гігієни. Також наведена розроблена технологічна карта виробництва бджолиного обніжжя в умовах органічної пасіки; описано принципи декларації відповідності органічному виробництву; додано перелік нормативної документації та використаних джерел інформації під час підготовки публікації.

Утримання сімей здоровими в органічному виробництві, є досить складним завданням. Насамперед, це пов’язано із неможливістю використання хімічних препаратів для боротьби із кліщем Вароа та значними витратами часу на біотехнічні методи. Останні пов’язані також із економічними втратами через перерозподіл сили бджолиної сім’ї із продуктивного потенціалу (одержання меду) на постійну відбудову стільників, які використовуються для боротьби з

кліщем. Тому підвищення економічної ефективності органічного бджільництва на сьогодні є актуальним практичним питанням. Одним із способів підвищення економічного потенціалу органічного бджільництва є поєднання біотехнічного методу боротьби з кліщем (БМ) шляхом вилучення трутневого розплоду із використанням цього ж розплоду для приготування ГТЛ (гомогенату трутневих личинок), як додаткового продукту. Знання закономірностей вирощування особин бджолиної сім'ї та біології кліща Вароа – є необхідним інструментом до керування біологічними процесами у сім'ях бджіл з комерційною метою не порушуючи вимоги органічного виробництва. Поряд з цим, потрібно чітко знати, розуміти і дотримуватися основних вимог органічного бджільництва, принципів належної бджільницької практики, особистої гігієни, безпечності та якості виробничих процесів. Не слід забувати, що виробництво ГТЛ на органічній пасіці можливе лише у рамках біологічних методів боротьби з вароозом. Однак це не звільняє бджоляра від дотримання безпеки при його одержанні, переробці та зберіганні. Слід дотримуватися виробничих, ветеринарно-санітарних та гігієнічних правил, що стане передумовою одержання якісного додаткового продукту. Під час одержання органічного ГТЛ слід застосовувати технолого-біологічні підходи до утримання бджіл в умовах органічного виробництва.

Колективом авторів було зібрано та проаналізовано всі знання з виробництва ГТЛ та розроблено технологію його одержання в умовах органічної пасіки, яку було викладено у методичних рекомендаціях. Публікація містить наступні розділи: загальні вимоги до первинного органічного виробництва (пасіки, пасічного господарства, бджолоферми); принципи належної бджільницької практики в умовах органічного виробництва; детальні вимоги до розміщення органічної пасіки; здоров'я та профілактика захворювань бджіл; органічні та біотехнічні методи боротьби з кліщем *Varroa*; впровадження відбору трутневих личинок в межах БМ; вимоги безпечності та якості до ГТЛ та відбір зразків для досліджень; особиста гігієна; технологічна карта виробництва ГТЛ на органічній пасіці в межах БМ; декларація відповідності; визначення критичних етапів сертифікації.

Усі методичні рекомендації також містять перелік нормативної документації та використаних джерел інформації. Під час їх підготовки було враховано не лише державні стандарти, національну нормативну документацію (zakon.rada.gov.ua), а й міжнародну (organicstandard.ua) щодо виробництва продукції бджільництва та органічної продукції.

Отже, прогалина у методичному забезпеченні національного органічного бджільництва усунена – розроблені методичні рекомендації щодо виробництва меду натурального, бджолиного обніжжя та гомогенату трутневих личинок, гармонізовані з міжнародними нормативними документами. Це сприятиме розвитку органічного бджільництва в Україні.

Результатати цих досліджень висвітлені у 3 методичних рекомендаціях (*Адамчук та ін., 2021; Адамчук та ін., 2021; Адамчук та ін., 2021*) та 3 тезах (*Адамчук та ін., 2022; Адамчук та ін., 2022; Адамчук та ін., 2022*).

Перелік використаних джерел до Підрозділів 1.2–1.4

Abbasi, K. H., Jamal, M., Ahmad, S., Ghramh, H. A., Khanum, S., Khan, K. A., Ullah, M. A., Aljedani, D. M., Zulfiqar B. (2021). Standardization of managed honey bee (*Apis mellifera*) hives for pollination of Sunflower (*Helianthus annuus*) crop.*Journal of King Saud University – Science.* 33 (8). 1–5. DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101608.

Aebi A., Vaissiere B. E., Van Engelsdorp D., Delaplane K. S., Roubik D. W., Neumann P. (2012). Back to the future: Apis versus non-Apis pollination. *Trends in Ecology and Evolution.* 27 (3). 142–143.

Ahmad S., Khalofah A., Khan S.A., Khan K.A., Jilani M.J., Hussain T., Skalicky M, Ghramh H. A, Ahmad Z. (2021). Effects of native pollinator communities on the physiological and chemical parameters of loquat tree (Eriobotrya japonica) under open field condition. *Saudi J. Biol. Sci.* 28 (6). 3235–3241. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.02.062.

Aizen M. A., Garibaldi L. A., Cunningham S. A., Klein A. M. (2009). How much does

agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Ann. Bot.* 103 (9). 1579–1588. DOI: 10.1093/aob/mcp076.

Althaus, S. L., Berenbaum, M. R., Jordan, J., and Shalmon, D. A. (2021). No buzz for bees: Media coverage of pollinator decline. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 118*(2), e2002552117. https://doi.org/10.1073/pnas.2002552117

Apitz, S. E., and Power, A. (2021). EU Green Deal's ambition for a toxic-free environment. *Integrated Environmental Assessment and Management, 17*(6), 1105–1113. https://doi.org/10.1002/ieam.4429

Beekeeping Innovation: How to Keep Up with the Times // Linkedin : URL : https://www.linkedin.com/pulse/beekeeping-innovation-how-keep-up-times-bronwynne-pallister (дата звернення : 04.05.2025).

Berthoud H. et al. (2010). Virus infections and winter losses of honey bee colonies (*Apis mellifera*). *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 60–65. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.08.

Biesmeijer J. C., Roberts S. P. M, Reemer M., Ohlemüller R., Edwards M., Peeters T., Schaffers A.P., Potts S.G., Kleukers R., Thomas C.D., Settele J., Kunin W.E. (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science.* 313 (5785). 351–354. DOI: 10.1126/science.112786.

Bila Dubaić, J., Simonović, S., Plećaš, M., Stanisavljević, L., Davidović, S., Tanasković, M., and Ćetković, A. (2021). Unprecedented density and persistence of feral honey bees in urban environments of a large SE-European city (Belgrade, Serbia). *Insects, 12*(12), 1127. https://doi.org/10.3390/insects12121127

Biodiversity and climate change // UNESCO : URL : https://www.unesco.org/en/climate-change/biodiversity (дата звернення : 29.04.2025).

Brovars`ky`j V. D. ta in. Metod y`ka doslidnoyi spravy` u bdzhil`ny`cztvi [Methodology of a test case in beekeeping] : navch. posib. Ky`yiv : Vy`d. dim «Vinnichenko», 2017. 166. (in Ukrainian).

Büchler, R., Berg, S., Le Conte, Y., Bienefeld, K., Buechler, R., Costa, C., … and Uzunov, A. (2020). Evaluation of suppressed mite reproduction (SMR) reveals potential for varroa resistance in European honey bees (*Apis mellifera L.*). *Insects, 11*(9), 595. https://doi.org/10.3390/insects11090595

Carreck N. L. (2018). Special issue: honey. *Journal of Apicultural Research*. 57. 1–4. DOI: https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1412565.

Carreck N. L., Ball B. V., Martin S. J. (2010a). The epidemiology of cloudy wing virus infections in honey bee colonies in the UK. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 66–71. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.09.

Carreck N. L., Ball B. V., Martin S. J. (2010b). Honey bee colony collapse and changes in viral prevalence associated with *Varroa destructor*. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 93–94. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.13.

Chauzat M.-P. et al. (2010b). A case report of a honey bee colony poisoning incident in France. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 113–115. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.22.

Christ, L., and Dreesmann, D. C. (2022). SAD but True: Species Awareness Disparity in Bees Is a Result of Bee-Less Biology Lessons in Germany. *Sustainability, 14*(5), 2604. https://doi.org/10.3390/su14052604

Christ, L., and Dreesmann, D. C. (2022). SAD but True: Species Awareness Disparity in Bees Is a Result of Bee-Less Biology Lessons in Germany. *Sustainability, 14*(5), 2604. https://doi.org/10.3390/su14052604

Cilia, L. (2019). "We don't know much about Bees!" Techno-Optimism, Techno-Scepticism, and Denial in the American Large-Scale Beekeeping Industry. *Sociologia Ruralis, 59*(4), 706–728. https://doi.org/10.1111/soru.12280

Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. *OJ L 189, 20.7.2007, p. 1–23 (BG, ES, CS, DA, DE, ET, EL, EN, FR, IT, LV, LT, HU, MT, NL, PL, PT, RO, SK, SL, FI, SV) Special edition in Croatian: Chapter 15 Volume 008 P. 139–161.* Available from

http://data.europa.eu/eli/reg/2007/834/oj.

Dahle B. (2010). The role of *Varroa destructor* for honey bee colony losses in Norway. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 124–125. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.26

Decourtye A., Cedric A., Le Conte Y., Henry M. (2019). Toward the protection of bees and pollination under global change: present and future perspectives in a challenging applied science. *Current Opinion in Insect Sciencem.* 35. 123–131. DOI: 10.1016/j.cois.2019.07.008.

Di Noi, A., Casini, S., Campani, T., Cai, G., and Caliani, I. (2021). Review on sublethal effects of environmental contaminants in honey bees (*Apis mellifera*), knowledge gaps and future perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(4), 1863. https://doi.org/10.3390/ijerph18041863

Durán A.X., Ulloa B. R., Carrillo A.J., Contreras L.J., Bastidas T.M. Evaluación de parámetros de rendimiento del raps *(Brassica napus L.)* polinizado por abejas *(Apis mellifera L.).* Chilean Journal of Agricultural Research. 2010. Vol. 70, No. 2. P. 309–314. DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000200014

Ellis, R. (2024). *Capitalist agriculture and the global bee crisis*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003142294

Ellis, J. D., Evans, J. D., Pettis, J. S. (2010). Colony losses, managed colony population decline and Colony Collapse Disorder in the United States. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 134–136. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.30..

European Food Safety Authority (EFSA). (2020). *Review of the evidence on bee background mortality*. EFSA Supporting Publication, 17(3), EN-1880. https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.EN-1880

Farm to Fork strategy. URL: https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en (дата звернення: 14.05.2025).

Fattorini R., Glover B. J. (2020). Molecular Mechanisms of Pollination Biology. *Annu. Rev. Plant Biol.* 71. 487–515. DOI: 10.1146/annurev-arplant-081519-040003.

Fuzaro L., Xavier N. L., Carvalho F. J., Nery F. A. N., Carvalho S M., Andalo V. (2018). Influence of pollination on canola seed production in the Cerrado of Uberlandia, Minas Gerais State, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 40 (1). e39315. DOI: 10.4025/actasciagron.v40i1.39315.

Garibaldi L. A., Steffan-Dewenter I., Winfree R., Aizen M. A., Bommarco R., Cunningham S.A. et al. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science.* 339 (6127). 1608–1611. DOI: 10.1126/science.1230200.

Gérard, M., Vanderplanck, M., Wood, T., and Michez, D. (2020). Global warming and plant–pollinator mismatches. *Emerging Topics in Life Sciences, 4*(1), 77–86. https://doi.org/10.1042/ETLS20190139

Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., and Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science, 347*(6229), 1255957. https://doi.org/10.1126/science.1255957

Hristov P., Neov B., Shumkova R., Palova N. Significance of Apoidea as Main Pollinators. Ecological and Economic Impact and Implications for Human Nutrition. *Diversity*. 2020. Vol. *12*(7), P. 280. DOI: https://doi.org/10.3390/d12070280

Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N., and Neov, B. (2020). Factors associated with honey bee colony losses: A mini-review. *Veterinary Sciences, 7*(4), 166. https://doi.org/10.3390/vetsci7040166

IUCN Red List of Threatened Species // Iucnredlist.org : URL : https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics (дата звернення : 29.04.2025).

Iwasaki, J. M., and Hogendoorn, K. (2021). How protection of honey bees can help and hinder bee conservation. *Current Opinion in Insect Science, 46*, 112–118. https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.05.005

Iwasaki, J. M., and Hogendoorn, K. (2021). How protection of honey bees can help and hinder bee conservation. *Current Opinion in Insect Science, 46*, 59–65. https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.02.004

Jones, L., Brennan, G. L., Lowe, A., Creer, S., Ford, C. R., and de Vere, N. (2021). Shifts in honeybee foraging reveal historical changes in floral resources. *Communications Biology, 4*, Article 37. https://doi.org/10.1038/s42003-020-01562-4

Kakabouki, I., Tataridas, A., Mavroeidis, A., Kousta, A., Roussis, I., Katsenios, N., Efthimiadou, A., and Papastylianou, P. (2021). Introduction of alternative crops in the Mediterranean to satisfy EU Green Deal goals. A review. *Agronomy for Sustainable Development, 41*, Article 71. https://doi.org/10.1007/s13593-021-00725-9

Kiss, K., and Kiss, V. (2022). Sustainable development in circular agriculture: An illustrative bee–legume–poultry system. *Sustainable Development, 30*(6), 1223–1232. https://doi.org/10.1002/sd.2435

Klein A.-M., Vaissière B. E., Cane J. H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S. A., Kremen C., Tscharntke T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2007. Vol. 274(1608), P. 303–313. DOI: https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721

Kulhanek K. et al. (2017). A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA. *Journal of Apicultural Research.* 56 (4). 328–340. DOI: 10.1080/00218839.2017.1344496.

Kuś, A. (2024). Innovation management in apiaries in times of biodiversity crisis: Evidence from Poland. *Journal of Management and Financial Sciences, 54*, 45–71. https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1323150

Lajos K., Samu F., Bihaly A. D., Fülöp D., Sárospataki M. (2021). Landscape structure affects the sunflower visiting frequency of insect pollinators. *Sci. Rep*. 11 (1). 1–11. DOI: 10.1038/s41598-021-87650-9.

Landaverde, C. A., Rodríguez, A., and Parrella, M. (2023). Honey production and climate change: Beekeepers' perceptions, farm adaptation strategies, and information needs. *Insects, 14*(6), 493. https://doi.org/10.3390/insects14060493

Lavrenko, S., Korbych, N., Vedmedenko, O., and Liubenko, O. (2025). The effects of climate change on agroecosystems, including changes in honey bee populations. In N. Hockings and J. J. Kelley (Eds.), *Balancing water-energy-food security in the era of environmental change* (pp. 208–229). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8965-5.ch010

Le Conte, Y., Meixner, M. D., Brandt, A., Carreck, N. L., Costa, C., Mondet, F., and Büchler, R. (2020). Geographical distribution and selection of European honey bees resistant to *Varroa destructor*. *Insects, 11*(12), 873. https://doi.org/10.3390/insects11120873

Lisohurska et al. O. V. (2020). Inventory of managed honey bee population in Zhytomyr region (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology.* 10 (1). 133–137. DOI: 10.15421/2020_21.

Lisohurska O. V., Lisohurska D. V., Sokolyuk V. M., Furman S. V., Kryvyi M. M., Ligomina I. P. (2020). Inventory of managed honey bee population in Zhytomyr region (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology.* 10 (1). 133–137. DOI: 10.15421/2020_21.

Maderson S., Wynne-Jonesa S. (2016). Beekeepers' knowledges and participation in pollinator conservation policy. *Journal of Rural Studies.* 45. 88–98. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2016.02.015.

Marshman, J., Blay-Palmer, A., and Landman, K. (2019). Anthropocene crisis: Climate change, pollinators, and food security. *Environments, 6*(2), 22. https://doi.org/10.3390/environments6020022

Martin S. J., Ball B. V., Carreck N. L. (2010). Prevalence and persistence of deformed wing virus (DWV) in untreated or acaricidetreated *Varroa destructor* infested honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 72–79. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.10.

Martinello, M., Manzinello, C., Dainese, N., Giuliato, I., Gallina, A., and Mutinelli, F. (2021). The Honey Bee: An Active Biosampler of Environmental Pollution and a Possible Warning Biomarker for Human Health. *Applied Sciences, 11*(14), 6481. https://doi.org/10.3390/app11146481

Medrzycki P. et al. (2010). Influence of brood rearing temperature on honey bee development and susceptibility to poisoning by pesticides. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 52–59. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.07.

Meixner M. D. et al. (2010). Conserving diversity and vitality for honey bee breeding. *Journal*

of Apicultural Research. 49 (1). 85–92. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.12.

More, S. J., Auteri, D., Rortais, A., and Pagani, S. (2021). EFSA is working to protect bees and shape the future of environmental risk assessment. *EFSA Journal, 19*(1), e190101. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.e190101

Morse R. A., Calderone N. W. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. Bee Culture. 2000. Vol. 132 (3), P. 1–15.

Nath, R., Singh, H., and Mukherjee, S. (2022). Insect pollinators decline: An emerging concern of Anthropocene epoch. *Journal of Apicultural Research*. https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2088931

Neov, B., Georgieva, A., Shumkova, R., Radoslavov, G., and Hristov, P. (2019). Biotic and Abiotic Factors Associated with Colonies Mortalities of Managed Honey Bee (*Apis mellifera*). *Diversity*, *11*(12), 237. https://doi.org/10.3390/d11120237

Neumann P. N., Carreck N. L. (2010). Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 1–6. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.01.

Neumann P. N., Carreck N. L. (2010). Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1), 1–6. doi: 10.3896/IBRA.1.49.1.01.

O'Shaughnessy P. T. Parachuting Cats and Crushed Eggs: the Controversy Over the Use of DDT to Control Malaria. Am J Public Health, 2008. V. 98 (11). P. 1940–1948. doi: 10.2105/AJPH.2007.122523

Papa, G., Maier, R., Durazzo, A., Lucarini, M., Karabagias, I. K., Plutino, M., Cicia, D., Lombardi-Boccia, G., Caporaso, N., and Negri, I. (2022). The honey bee *Apis mellifera*: An insect at the interface between human and ecosystem health. *Biology, 11*(2), 233. https://doi.org/10.3390/biology11020233

Patel V., Pauli, N., Biggs, E., Barbour, L., and Boruff, B. (2021). Why bees are critical for achieving sustainable development. *Ambio, 50*(1), 51–63. https://doi.org/10.1007/s13280-020-01333-9

Paxton R. J. (2010). Does infection by *Nosema ceranae* cause «Colony Collapse Disorder» in honey bees (*Apis mellifera*)? *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 80–84. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.11.

Popescu, A., Dinu, T. A., Stoian, E., and Serban, V. (2024). Beehives and honey production – A brief statistics in the world and European Union 2000–2022 and honey bees between interlinked crisis of biodiversity, pollution and climate change. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 24*(3), 655–673.

Potts S. G. et al. (2010). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 15–22. doi: 10.3896/IBRA.1.49.1.02.

Potts, S. G. et al. (2010). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 15–22. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.02.

Prandecki, K., Wrzaszcz, W., and Zieliński, M. (2021). Environmental and climate challenges to agriculture in Poland in the context of objectives adopted in the European Green Deal strategy. *Sustainability, 13*(18), 10318. https://doi.org/10.3390/su131810318

Ronald J. Bee The renewed climate change agenda. (2023). *Foreign Affairs, 102*(3), 10–18. https://www.jstor.org/stable/27331124

Sáez A., Aizen M.A., Medici S., Viel M., Villalobos E., Negri P. Bees increase crop yield in an alleged pollinator-independent almond variety. Scientific Reports. 2020. Vol. 10, Article number: 3177. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-59995-0

Sammataro, D., and Avitabile, A. (2019). Introduction to honey bee medicine. In T. C. M. (Ed.), *Honey bee medicine for the veterinary practitioner* (pp. 1–10). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119583417.ch1

Santrac V, Granato A., Mutinelli F. (2010). Detection of *Nosema ceranae* in *Apis mellifera* from Bosnia and Herzegovina. *Journal of Apicultural Research.* 49 (1). 100–101. DOI: 10.3896/IBRA.1.49.1.16.

Shivanna, K. R., Tandon, R., and Kaul, V. (2020). Global pollinator crisis and its impact on crop productivity and sustenance of plant diversity. In A. N. P. Reddy (Ed.), *Recent trends in horticultural biotechnology* (pp. 261–275). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4210-7_16

Smith, J. A., Johnson, L. M., and Wang, X. (2023). Climate change and honey bee health: A global review. *Science of The Total Environment, 872*, 162345. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162345

The European Green Deal: Communication from the commission : 11.12.2019. URL: https://web.archive.org/web/20210205134559/https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640 (дата звернення: 14.05.2025).

UN Reports Animal Species Extinction Rates are Record High and Accelerating // Earth.org : URL : https://earth.org/un-reports-animal-species-extinction-rates-are-record-high-and-accelerating/ (дата звернення : 29.04.2025).

Von Der Ohe W., Oddo L. P., Piana M. L., Morlot M., Martin P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*. 35(1). 18–25. DOI: https://doi.org/10.1051/apido:2004050.

Weinberg, M. P., Weinstock, G. M., McDonnell, C. M., Woods, D. W., Mattila, H. R., and Starks, P. T. (2023). The organizational impact of chronic heat: Diffuse brood comb and decreased carbohydrate stores in honey bee colonies. *Frontiers in Ecology and Evolution, 11*, 1119452. https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1119452

Адамчук Л., Лісогурська Д., Фурман С., Лісогурська О. (2021). Забезпеченість бджолозапилення в Україні : метод. Посібник. Житомир : Поліський національний університет. [Електронне видання] 83 с. https://cutt.ly/t2OoWuj.

Адамчук, Л., Хлєбо, Р., Лісогурська, Д., Фурман, С., Лісогурська, О., Тимощук, Т. (2024). Бджолозапилення, як важлива передумова імплементації ЄЗК: куди слід рухатись? *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів: Збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції, 6–7 червня 2024 р.* (с. 102–104). Житомир: Поліський університет.

Андрусевич А., Андрусевич Н., Козак З., Кравчук В., Мовчан В., Синиця А., Хабатюк О., Шор К. (2020). Європейський зелений курс: можливості та загрози для України: аналітичний документ. Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля». 74.

Вертикальний багатокорпусний вулик: пат. 124021 Україна: пат. № a 2019 04601; заявл. 26.04.2019; опубл. 07.07.21, Бюл. № 27. 4 с.

Вертикальний багатокорпусний вулик: пат. 140633 Україна. № u 2019 07702; заявл. 08.07.2019; опубл. 10.03.20, Бюл. № 5. 4 с.

Встановлено новий світовий рекорд врожайності ріпаку. SuperAgronom. URL: https://superagronom.com/news/4855-vstanovleno-noviy-svitoviy-rekord-vrojaynosti-ripaku (дата звернення: 04.05.2025).

Вулик-лежак: пат. 124158 Україна. № a 2019 04604; заявл. 26.04.2019; опубл. 28.07.21, Бюл. № 30. 4 с.

Вулик-лежак: пат. 140629 Україна. № u 2019 07668; заявл. 08.07.2019; опубл. 10.03.20, Бюл. № 5. 4 с.

Детальні правила щодо органічного виробництва, маркування і контролю для впровадження Постанови Ради (ЄС) №834/2007 стосовно органічного виробництва і маркування органічних продуктів : затв. Постановою комісії (ЄС) від 05 верес. 2008 р. № 889/2008. URL: https://organicstandard.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg_834_2007%20Organic%20Production_UA.pdf (дата звернення: 15.01.2022).

Європейський зелений курс, продовольча безпека та якість і безпечність продукції: реалії та перспективи / І. А. Волківський та ін. *Ветеринарна медицина: сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та продовольчої безпеки* : зб. матеріалів всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 9 червня 2022 р. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2022. С. 38–41. https://cutt.ly/WM0FKJa.

Закон України «Про Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року». Верховна рада України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text (дата звернення: 20.11.2020).

Закон України «Про Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року». Верховна рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text (дата звернення: 04.05.2025).

Інноваційні технології в сучасному бджільництві // Vomturmhaus : URL : https://uk.vomturmhaus.com/innovaciini-tehnologiyi-v-suchasnomu-bdzhilnictvi (дата звернення : 04.05.2025).

Кернасюк Ю. Соняшник: глобальне виробництво та прогнози. Агробізнес сьогодні. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/25731-soniashnyk-hlobalne-vyrobnytstvo-ta-prohnozy.html (дата звернення: 14.05.2025).

Коваленко Н. П. Екологічно збалансовані сівозміни в системі альтернативного землеробства: історичні аспекти. Агроекологічний журнал. 2012. № 4, С. 95–99.

Коваленко Н. П. (2012). Екологічно збалансовані сівозміни в системі альтернативного землеробства: історичні аспекти. *Агроекологічний журнал.* 4. 95–99.

Корженівська Н. (2018). Розвиток галузі бджільництва – джерело продовольчої безпеки. *Світовий досвід у галузі бджільництва та перспективи розвитку в Україні* : зб. наук. пр. Міжнар. наук.-практ. форуму. Кам.-Подільський : ПДАТУ. 53–55.

Лісогурська Д. В., Лісогурська О. В., Фурман С. В., Адамчук Л. О. Забезпеченість бджолозапилення основних сільськогосподарських ентомофільних культур в Україні. Вісник СНАУ. Серія «Тваринництво». 2021. Вип. 4 (47). С. 92–98. DOI: https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.16

Лісогурська Д.В. та ін. (2021). Забезпеченість бджолозапилення основних сільськогосподарських ентомофільних культур в Україні. *Вісник СНАУ.* 4 (47). 92–98. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.4.16. http://surl.li/eiydw.

Лісогурська, Д. В., Лісогурська, О. В., Фурман, С. В., Яворський, Р. Я. (2023). *Європейський зелений курс: загрози і можливості для бджільництва України*. *Наукові читання 2023. Проблеми та перспективи розвитку тваринництва і ветеринарії в умовах Євроінтеграції: Збірник матеріалів науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів та аспірантів, присвяченої до Дня науки в Україні (23 травня 2023 р.)* (с. 36–38). Житомир: Поліський національний університет.

Лісогурська, О., Лісогурська, Д., Фурман, С., and Агаєва, М. (2023). *Інновації – невід'ємна частина сучасного бджільництва*. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів: Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції (18 травня 2023 р.)* (с. 20–21). Житомир: Поліський національний університет.

Мед натуральний. Технічні умови. ДСТУ 4497:2005. [Чинний від 2007-01-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2007. 21 с. (Національні стандарти України).

Обніжжя бджолине (пилок квітковий) і його суміші. Технічні умови. ДСТУ 3127-95. [Чинний від 1996-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 1995. 25 с. (Національні стандарти України).

Онлайн-платформа BeesAgro. URL: http://beesagro.grand.expert (дата звернення: 14.05.2025).

Органічне бджільництво: стан та перспективи в Україні / Д. В. Лісогурська та ін. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : матеріали X міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 квітня 2022 р. Житомир : Поліський національний університет, 2022. С. 406–409. https://cutt.ly/RM12m5N.

Про затвердження Порядку (детальних правил) органічного виробництва та обігу органічної продукції : Постанова Кабміну від 23 жовт. 2019 р. № 970. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/970-2019-%D0%BF#Text (дата звернення: 15.01.2023).

Про органічне виробництво і маркування органічних продуктів : Постанова Ради (ЄС)

від 28 черв. 2007 р. № 834/2007. URL: https://organicstandard.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg_834_2007%20Organic%20Production_UA.pdf (дата звернення: 15.01.2022).

Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції : Закон України від 05 серп. 2021 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text (дата звернення: 15.01.2022).

Про утворення міжвідомчої робочої групи з питань координації подолання наслідків зміни клімату в рамках ініціативи Європейської Комісії "Європейський зелений курс": Постанова КабМін від 24 січня 2020 р. № 33. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/33-2020-%D0%BF#Text (дата звернення: 14.05.2025).

Ріпак в Україні та світі. KWS. URL: https://www.kws.com/ua/uk/produkty/ripak/ripak-v-ukraini-ta-sviti/ (дата звернення: 14.05.2025).

«Розумне» бджільництво: 5 іноземних інноваційних технологій для розвитку бджільництва // Agrocomplex : URL : https://www.agrocomplex.kiev.ua/rozumne-bdzhilnycztvo-5-inozemnyh-innovaczijnyh-tehnologij-dlya-rozvytku-bdzhilnycztva/ (дата звернення : 04.05.2025).

Севін, С., Фурман, С., Лісогурська, О., Лісогурська, Д. (2023). *Роль освіти у збереженні біорізноманіття. Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів: Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції (18 травня 2023 р.)* (с. 20–21). Житомир: Поліський національний університет.

Сільське господарство. *Державна служба статистики* : веб-сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cg.htm (дата звернення: 20.11.2021).

Сільське господарство. Державна служба статистики. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cg.htm (дата звернення: 04.05.2025).

Сучасне бджільництво: методи, поради // Poradum : URL : http://poradum.com/sad-i-gorod/doglyad-za-bdzholami/suchasne-bdzhilnictvo-metodi-poradi.html (дата звернення : 04.05.2025).

Фурман С., Лісогурська Д., Лісогурська О. Європейське законодавство як основа гарантування безпечності харчового ланцюга. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів* : зб. матеріалів IV міжнар. наук.-практ. конф., 16 червня 2022 р. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2022. С. 73. https://cutt.ly/FM12JEE.

Фурман, С. В., Лісогурська, Д. В., Лісогурська, О. В., Слепченко, В. М., and Кухта, І. В. (2022). *Органічне виробництво: стан та перспективи. Наукові читання 2022. Еколого-регіональні проблеми сучасного тваринництва та ветеринарної медицини: IX щорічна Всеукраїнська науково-практична конференція (17 листопада 2022 р.)* (с. 336–338). Житомир: Поліський національний університет.

РОЗДІЛ 2

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ

Олеся Литвиненко
кандидат біологічних наук, старший дослідник,
ННЦ «Інститут бджільництва
імені П.І. Прокоповича» НААН України
03143, вул. Академіка Заболотного, 19, м. Київ,
Україна
✉ *alesyasandra@ukr.net*

Olesya Lytvynenko
PhD in Biological Sciences, Senior Researcher,
National Scientific Center «Institute of beekeeping
named after P.I. Prokopovych»
03143, Akademika Zabolotnogo St., 19, Kyiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0001-6643-2285*

Олександр Міщенко
кандидат сільськогосподарських наук,
ННЦ «Інститут бджільництва
імені П.І. Прокоповича» НААН України
03143, вул. Академіка Заболотного, 19, м. Київ,
Україна
✉ *om.beekeeper.ua@gmail.com*

Oleksandr Mishchenko
PhD in Agricultural Sciences
National Scientific Center «Institute of beekeeping
named after P.I. Prokopovych»
03143, Akademika Zabolotnogo St., 19, Kyiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0001-9970-8540*

Геннадій Боднарчук
кандидат сільськогосподарських наук
ННЦ «Інститут бджільництва
імені П.І. Прокоповича» НААН України
03143, вул. Академіка Заболотного, 19, м. Київ,
Україна
✉ *bgl@ukr.net*

Gennadiy Bodnarchuk
PhD in Agricultural Sciences
National Scientific Center «Institute of beekeeping
named after P.I. Prokopovych»
03143, Akademika Zabolotnogo St., 19, Kyiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-3555-0163*

Дмитро Криворучко
кандидат ветеринарних наук, доцент
Національний університет біоресурсів і
природокористування України
03041, вул. Виставкова, 16, м. Київ, Україна
✉ *dimokmpx@ukr.net*

Dmytro Kryvoruchko
PhD in of Veterinary Sciences, docent
National University of Life and Environmental Sciences
of Ukraine
03127, Kyiv, Vystavkova str.16, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0003-1788-6090*

Леонід Романенко
ННЦ «Інститут бджільництва
імені П.І. Прокоповича» НААН України
03143, вул. Академіка Заболотного, 19, м. Київ,
Україна
✉ *romanenkoleonid87@gmail.com*

Leonid Romanenko
National Scientific Center «Institute of beekeeping
named after P.I. Prokopovych»
03143, Akademika Zabolotnogo St., 19, Kyiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0003-2720-6183*

За результатами досліджень експериментально обґрунтовано біотехнологічні прийоми одержання маточного молочка через оптимізацію технологічних підходів до його отримання, пошук нових способів та засобів коригування репродуктивної діяльності бджолиних маток. Встановлено оптимальний період виробництва маточного молочка (травень-червень) у період природного розмноження бджолиних сімей та оптимальні строки обмеження репродуктивної здатності бджолиних маток для зменшення втрат енергії бджолами по догляду за розплодом. Експериментально доведено, що оптимальним строком ізоляції маток задля зменшення втрат енергії бджіл по догляду за розплодом в бджолиних сім'ях та високим показником медової продуктивності виявився період 10-15 діб до початку медозбору. Таким чином можна створити резерв бджіл для збільшення медпродуктивності. Використання такого біотехнологічного прийому, як ізоляція бджолиних маток на період медозбору, забезпечує можливість підвищити продуктивність сімей на 45,7%. Проведені досліди вказують на доцільність застосування біотехнологічних прийомів під час заготівлі бджолами корму, отриманні маточного молочка без шкоди для бджолиних сімей та їх життєздатності.

Based on experimental research data, biotechnological methods for obtaining royal jelly have been substantiated through the optimization of technological approaches, the search for new methods, and the regulation of queen bee reproductive activity. The influence of abiotic factors on the flight and foraging activity of bees has been analyzed. The optimal period for royal jelly production (May–June) coincides with the natural reproduction cycle of bee colonies, while the optimal timing for limiting queen reproductive capacity to minimize energy expenditures on brood care has been identified. Experimental findings confirm that the optimal queen isolation period, which reduces energy losses associated with brood care while maintaining high honey productivity, is 10–15 days before the onset of honey collection. This approach enables the creation of a reserve of worker bees, thereby enhancing honey yield. The use of queen isolation during the honey collection period has been demonstrated to increase colony productivity by 45.7%. Experimental results highlight the feasibility of employing biotechnological techniques to optimize forage preparation, obtain royal jelly without compromising colony health, and ensure the viability of bee populations.

2.1. Особливості способів тимчасової ізоляції бджолиних маток: вплив на функціональний стан і продуктивність бджолиних сімей

Для створення умов ефективного використання медозбору необхідно мати оптимальний віковий склад бджіл у бджолиній сім'ї. Головне завдання наростити до медозбору не тільки робочих бджіл, які збирають і заготовляють нектар, але і молодих вуликових, які отримують від збиральниць нектар для переробки його в мед, складають до стільників та готують для тривалого зберігання. Їх кількість має забезпечувати активність бджіл-збирачок, не відволікаючи останніх до робіт по догляду за розплодом.

Отже, перед початком головного медозбору у сім'ї медоносних бджіл має бути розплід усіх вікових груп. Розплід усіх вікових груп до початку головного медозбору є критично важливим чинником для формування сильної, продуктивної бджолосім'ї. Це дає змогу:

- підтримувати баланс бджіл різного віку;
- забезпечити безперервність функціонування бджолиної родини;
- збільшити продуктивність під час головного взятку.

Цей принцип є ключовим в практичному бджільництві й повинен враховуватись під час підготовки сімей до медозбору.

Таким чином, створюються оптимальні умови для зростання сили сім'ї та прояв її продуктивності у цей період за умов наявності кормів та стільників для відкладання маткою яєць (*Guichard et al., 2024; Mohamed et al., 2024; Mahmoud et al., 2021, Al-Kahtani et al., 2020, Wragg et al., 2022, Міщенко та ін., 2020).*

Сильні бджолині сім'ї збирають значно більше меду, ніж слабкі. Встановлено, що в міру зростання сили сімей медозбір помітно збільшується. За дворазового зростання сили сім'ї спостерігається триразовий приріст надходження нектару, а за чотириразового збільшення сили сім'ї приріст надходження нектару зростає в шість разів.

У сильних сім'ях за період їхнього розвитку накопичується значно більша кількість бджіл. Сильній сім'ї для отримання максимального числа робочих бджіл достатньо до двох місяців, в той час як слабкої потрібно три і більше місяців. Бджоли із сильних сімей мають значно вищий фізіологічний ступінь розвитку, довшу тривалість життя, оскільки їхній розвиток проходить в оптимальних температурних умовах та за збалансованої годівлі. Встановлено, що у сильних сім'ях бджоли менше зношуються, одна бджола-годувальниця доглядає менше личинок, менших втрат енергії вимагає підтримання температури та вентиляції гнізда, а, отже, менше витрачається кормів та енергії. Окрім того, у сильних сім'ях відсоток бджіл, зайнятих вихованням личинок та доглядом за станом вулика менший. Абсолютна кількість бджіл у сильних сім'ях, зайнятих медозбором значно більша, чим у слабких.

Надходження нектару у сильних сім'ях щодня стільки, що його достатньо для накопичення запасів, зменшення репродуктивної функції матки та запобіганню ройовому стану. Слабка сім'я у схожих умовах заготовляє меншу кількість меду і водночас більша його частина використовується на потреби сім'ї. Такі сім'ї швидко набувають ройового стану. Тому, одним з найважливіших антиройових заходів вважається утримання сильних бджолиних сімей. У таких сім'ях ефективніше реалізувати всі інші способи запобігання

роїнню (*Головецький та Лосєв, 2016*; *Зотьк, 2019; Міщенко та ін., 2020; Разанов та ін., 2020; Amro, 2016*). Сила бджолиної сім'ї є не просто антиройовим заходом, а основною передумовою для ефективного застосування всіх інших методів контролю роїння. Сильні сім'ї мають кращу адаптивну здатність, швидше реагують на дії пасічника й здатні ефективніше протистояти не лише роїнню, а й хворобам, погодним змінам і стресам (*Klein et al., 2021; Mahbobi et al., 2022; Al-Kahtani et al., 2020*).

Інколи можуть виникнути обставини, коли збільшення сили сім'ї не впливає на збільшення її продуктивності. Це трапляється, коли у межах льоту бджіл дуже слабкий медозбір, спричинений відсутністю навколишніх медоносних рослин. Бджоли-збиральниці вимушені збільшувати віддаль польотів за нектаром, тим самим зменшуючи ефективність своєї роботи. Подібна ситуація виникає також там, де на невеликій території розташовано занадто багато бджолиних сімей. Також встановлено, що якщо розвиток сімей не сумісний із періодами медозборів, господарство недоотримає мед, а після завершення медозбору залишаться бджоли, які вже не зможуть збирати нектар. В пору медозбору за такої ситуації на виховання цих бджіл сім'я затратила мед та енергію. Зважаючи на такі умови, завдання бджоляра співвіднести розвиток бджолиної сім'ї з очікуваним медозбором так, щоб врахувати вид медоносних рослин та величину виділення нектару.

Беручи до уваги нестабільність екотипів, варто керуватися правилом, у якому зазначено, що використання бджолами медозбору пропорційне тій кількості розплоду, яке виховане в оптимальний період. Практика показує, що оптимальний період настає за 50–52 доби до передбачуваного початку медозбору, а закінчується за 28–29 діб до передбачуваного його закінчення. Біологічний цикл розвитку бджоли триває 21 добу, а життя дорослої бджоли 30–35 діб. Таким чином, бджоли, що народились з яєць, відкладених маткою впродоовж вказаного періоду будуть працездатні лише у перші п'ять днів медозбору. Бджоли з яєць, відкладених маткою за 28–29 діб до завершення медозбору, з'являться за 7–8 діб до його закінчення. Отже, вони приймуть участь у переробці нектару в мед.

Сильною вважається бджолина сім'я, яка на початку медозбору нараховує близько п'ятдесяти-шістдесяти тисяч особин, а це п'ять-шість кілограмів бджіл. Для досягнення такої сили сімей необхідно, щоб впродовж 30–32 діб до початку медозбору щодня народжувалось 1500–1800 бджіл. Це має бути період, коли матка розпочне відкладати необхідну кількість яєць на 21 добу раніше (21+30=51) (*Міщенко та ін., 2023; Постоєнко та ін., 2021*). Своєчасна і достатня яйцекладка матки за 4–5 тижнів до медозбору – вирішальний чинник у формуванні сильної, продуктивної бджолосім'ї та запобіганні роїнню. За сприятливих умов, матки досягають такого темпу яйцекладки у першій декаді травня. Тому, п'ятдесят-шістдесят тисяч бджіл у сім'ї можна отримати до середини червня місяця, саме до початку медозбору. Отже, завдання пасічника полягає у створенні умов для розвитку та збільшення сили бджолиних сімей. Якщо медозбір ранній і розпочинається рано, наприклад, 1–5 червня, яйценоскість матки повинна становити до 1500 яєць на добу, починаючи з 15 квітня. У випадку ранішого медозбору, наприкінці квітня із садів, кульбаби, озимого ріпаку розмноження сімей повинно, в цьому випадку, розпочатися вже у перших числах, або з середини березня, тобто тоді, коли на більшості пасік щойно відбувся весняний обліт (*Rangel and Tarpy, 2015; Genç, 2021; Mahmoud et al., 2021).*

На початок травня бджолина сім'я, що нормально розвивається, важить 1,5–2,5 кілограми та складається з сімдесяти відсотків розплоду і лише тридцяти відсотків бджіл, здатних працювати у полі. Саме тому ранні медозбори донедавна вважали як підтримуючі. Щоб використовувати їх для отримання товарної продукції, необхідно штучно змінювати силу і структуру сім'ї. Подібним чином можна змінювати кількісний та якісний склад сім'ї перед наступними медозборами шляхом тимчасового обмеження репродуктивної функції бджолиних маток.

Структуру бджолиної сім'ї можна регулювати не тільки з метою нарощення сили, але й уповільнення її розвитку. Якщо прогнозується пізній медозбір і сім'ї підготовлені задовго до збору нектару, бджоляру потрібно подбати про уповільнення темпу розвитку сімей. Такий

прийом ефективний для ранніх медозборів, наприклад з ріпаку, а також літніх, коли є тривала перерва. Та незважаючи на прийняті заходи, бувають періоди, коли перед початком медозбору бджолиним сім'ям загрожує ройовий стан, оскільки біологічно зріла сім'я повинна якимось чином використати свій потенціал або інтенсивною активністю на медозборі, або через роїння. В такому випадку відокремлюють частину бджіл з розплодом і формують тимчасові відводки або поділяють сім'ї.

Для повноцінного використання медозбору необхідно оцінити пасіку комплексно, а саме, визначати у бджолиних сім'ях співвідношення кількості льотних бджіл до загальної кількості різновікового розплоду. За такого підходу стає очевидним недоцільність утримання слабких сімей. За період літнього медозбору вони справляють серйозну конкуренцію сильним сім'ям, оскільки зменшують виробництво товарного меду та задіяні на годівлі пізнього розплоду (*Лісогурська та ін. 2018; Литвак та Ремезова, 2003; Delaplane et al., 2013; Hatjina and Bouga, 2020; Al-Kahtani et al., 2020; Seeley, 2019; Meikle, 2021*).

Для зменшення площі розплоду, за яким бджолам потрібно доглядати під час медозбору, застосовують метод об'єднання сімей. Такий метод, вчасно застосований, ефективно впливає на зміну співвідношення робочих бджіл та відкритого розплоду, а саме, після об'єднання сімей, бджоли від двох маток, а відкритий розплід від однієї. Також дієвим способом перед початком медозбору вважається підсилення сильних сімей двома-чотирма стільниками із бджолою та зрілим розплодом. Формування сімей до медозбору шляхом їхнього об'єднання виконується за сімдесят діб до очікуваного медозбору. Користь від об'єднання сімей щодо збільшення надходження нектару спостерігається впродовж трьох і більше тижнів і триває навіть до сорока діб *(Міщенко та ін.,2022; Міщенко та ін.,2023*; *Duran Yasin et al., 2020*).

Змінити структуру гнізда бджолиної сім'ї можна через відокремлення у гнізді на невеликій кількості стільників матку, застосовуючи розділові решітки. Однак потрібно знати стан сім'ї та чи таке застосування решітки можливе. Інколи обмеження матки у період інтенсивного розвитку сім'ї провокує ройовий стан. У такому випадку матку залишають на п'яти–семи стільниках. Такий прийом дасть змогу матці відкладати до двох тисяч яєць за добу, а роль розділових ґрат буде зводитися до того, щоб локалізувати розплід в одному місці, відокремивши його від медового корпусу (*Pettis and Delaplane, 2010; Міщенко та ін., 2022; Міщенко та ін.,2023; Поліщук, 2014; Kanelis et al., 2015*).

Найбільш ефективний біотехнологічний прийомом обмеження матки відкладати яйця під час літнього медозбору є застосування розділових решіток. За 25–30 діб до очікуваного закінчення медозбору бджолину матку обмежують решітками на чотирьох стільниках. Таким чином запобігають втратам меду під час виховання меншої кількості бджолами розплоду. Народжені з цього розплоду бджоли вже не братимуть участь у медозборі і не складуть основу зимового клубу. Роздільні решітки сприяють збільшенню запасів товарного меду у порівнянні з сім'єю такої ж сили, в якій розділові решітки не використовувалися. Підраховано, що виховання розплоду площею 35 дм^2 впродовж чотирнадцяти днів здійснюють сім тисяч робочих бджіл. Якщо б ці бджоли використовували наявний медозбір, вони б заготовили нектар для виробництва двадцяти кілограмів меду. Крім того, витрати корму на годівлю такої кількості розплоду становить з розрахунку одна комірка стільника меду на одну личинку, а це близько дев'яти кілограмів меду. Якщо після закінчення раннього літнього медозбору з акації білої і липи цвіте гречка, термін обмеження репродуктивної функції матки підлаштовують до медозбору з гречки, тобто, обмежують її у відкладанні яєць за тиждень до початку виділення гречкою нектару. Обмеження бджолиної матки є науково обґрунтованим і ефективним, його переваги – оптимізація енергетичних витрат сім'ї і максимізація збору меду. Важливо тільки враховувати мікроклімат гнізда та силу сім'ї, щоб уникнути побічних наслідків. Важливо пам'ятати, що з 20 липня починається осінній розвиток сімей. Тому для зменшення ризиків із розвитком сімей обмежувати перебування матки у невеликому просторі та одразу надавати їй не три, а п'ять-шість стільників *(Міщенко та ін., 2023; Разанов, 2008; Sláma et al., 2019; Harbo, 2001; Mattila and Seeley, 2007; Delaplane et al., 2013; Bogdanov et al. 2020*).

У тих умовах, де тривалий підтримуючий медозбір, розділові решітки перш за все, ставлять для відокремлення меду від гніздової частини вулика. За місяць до закінчення медозбору, після того, як період найбільшого росту сім'ї закінчується, решітку пересувають так, щоб обмежити матку у яйцекладці. Встановлено, що тривалий, але підтримуючий медозбір сприяє високій яйценосності. Якщо не попередити завчасно яйцекладку маток, використовуючи розділові решітки чи інші пристрої, розплід займе всі стільники, ускладнюючи відкачування меду. У корпусних вуликах розділові решітки розміщуються горизонтально і найчастіше на весь пасічницький сезон, щоб попередити перехід матки до верхніх корпусів. У такому випадку, у нижньому корпусі відкладання маткою яєць не обмежується. Для зменшення більшої площі розплоду у таких вуликах використовують розділові решітки, які розташовують у гніздовому корпусі вертикально. У багатокорпусних вуликах решітками відокремлюють два корпуси, а за місяць до закінчення медозбору ізолюють матку за допомогою решіток у першому корпусі. Якщо медозбір тривалий, решітки впродовж всього сезону залишають на другому корпусі *(Циганова, 2007; Чехов, 2001; Nicolson, 2021)*.

2.1.1. Обґрунтування оптимальних строків ізоляції бджолиних маток для зменшення втрат енергії бджолами по догляду за розплодом та його ритмічне відтворення. Будь-якій місцевості належать свої основні медоносні рослини, які цвітуть та виділяють нектар у певний період. Саме на цей період припадає головний медозбір – бджоли заготовляють основні запаси меду. На початок головного медозбору у бджолиних сім'ях має бути найбільша кількість бджіл – 8 рамок заповнених розплодом, приблизно, на дві третини площі, або трохи більше і створені вигідні умови для інтенсивного збирання нектару. Про початок медозбору на пасіці може дізнатися будь-який бджоляр-початківець по медовому аромату, активному льоту бджіл біля льотків, а головне по приростах контрольного вулика.

Для значного медозбору з акації потрібна велика кількість бджіл не в ройовому стані та відсутність відкритого розплоду. Із літератури відомо, що догляд за розплодом під час медозбору навіть на площі 30 дм^2 знижує вихід товарного меду на 32 кг. Бджоли, які не вирощують розплід, живуть набагато довше, 150–300 діб, а отже, тривалий час працюють на медозборі. Іншими словами, не важливо, коли вони народилися – навесні чи восени, аби не годували розплід. Отже, немає необхідності весь весняно-літній період вирощувати у сім'ях розплід, а достатньо лише один раз отримати ту чи іншу його кількість, після чого тимчасово обмежити бджолину матку і, забезпечивши сім'ю достатньою кількістю стільникових рамок, не турбувати її до відбирання меду. У такому разі бджоли не відволікаються на годівлю і догляд за розплодом, а вся сім'я займається накопиченням та переробкою кормових запасів.

Дослідження проводили в умовах товарної пасіки, розташованій на території Канівського природного заповідника. Головним продуктивним медозбором за весняно-літній період на досліджуваній пасіці був медозбір з акації білої.

Нектаропродуктивність білої акації залежить від її віку. Одна квітка суцвіття акації в середньому цвіте 5–7 діб і виділяє за добу 2–3 мг цукру в нектарі. Мед з акації прирівнюється до одного із найцінніших і найдорожчих. На внутрішньому ринку він займає близько 4,5–5 % від загальної кількості споживання. Однак, останніми роками відсоток акацієвого меду зменшився через вплив погодних умов у період медозбору з акації білої та зниження біологічного потенціалу самих дерев.

Упродовж досліду встановлювали використання бджолами акацієвого медозбору у зоні їхнього продуктивного льоту за умов тимчасової ізоляції бджолиних маток в кліточки-ізолятори з метою обмеження площі розплоду з подальшим визначенням репродуктивної здатності ізольованих маток.

На першому етапі досліджень вивчали динаміку зростання сили бджолиних сімей задовго до медозбору з акації білої. На розвиток бджолиних сімей впливають терміни цвітіння рослин і кліматичні умови в період їхнього росту. Про розвиток бджолиних сімей свідчать показники, табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Кількість розплоду в бджолиних сім'ях, квадратів, n=24

Дата	контроль	І дослідна група	ІІ дослідна група	ІІІ дослідна група
7.05	152,67±22,21	157,00±21,17	158,00±22,27	165,67±24,59
19.05	180,00±20,26	187,33±18,77*	191±15,72*	181,66±15,07*

Примітка: ** – P>0,99.*

Під час порівняння отриманих результатів встановлено, що за кількістю печатного розплоду бджолині сім'ї по групах мало відрізнялись одна від одної. Розвиток бджолиних сімей проходив задовільно і на кінець травня сім'ї займали, в середньому по два корпуси вулика. Бджолині сім'ї мали достатню кількість робочих особин для заготівлі та переробки нектару.

З метою обґрунтування оптимальних строків ізоляції бджолиних маток для зменшення втрат енергії бджолами по догляду за розплодом, нами у І дослідній групі сімей за 10 діб до медозбору з акації – 25 травня було ізольовано матки в кліточки-ізолятори власної конструкції, рис. 2.1.

Рисунок 2.1. Ізолятор для обмеження репродуктивної функції бджолиної матки

У ІІ дослідній групі маток ізолювали за 5 діб до медозбору – 30 травня. 4 червня розпочався медозбір з акації і ми ізолювали бджолиних маток ІІІ групи сімей.

Кліточка-ізолятор для ізоляції матки має розміри 4х6 см та виготовлена із дерева. Одна із сторін її має вмонтований елемент роздільної решітки для проходу бджіл шириною 4,4 мм. Протилежна сторона кліточки закрита рухомою плівкою для ізоляції або звільнення матки. У всіх групах через 7 діб після ізоляції бджолиних маток зробили контрольний огляд сімей на наявність свищових маточників. Маточники були виявлені у двох бджолиних сім'ях.

Для акації білої характерним є те, що нектар вона виділяє постійно і бджоли збирають його впродовж всього світлового дня. На території пасіки температура повітря і вологість були сприятливими для виділення нектару. Дані показників контрольного вулика впродовж усього періоду нектаровиділення акації були в межах від 2 до 7,15 кг нектару за добу. Як видно з даних зважувань контрольного вулика, максимальний показник зібраного нектару становив 7150 г. Починаючи з 10 доби медозбору встановлено різке зниження надходження нектару, спричинене дощами (рис. 2.2).

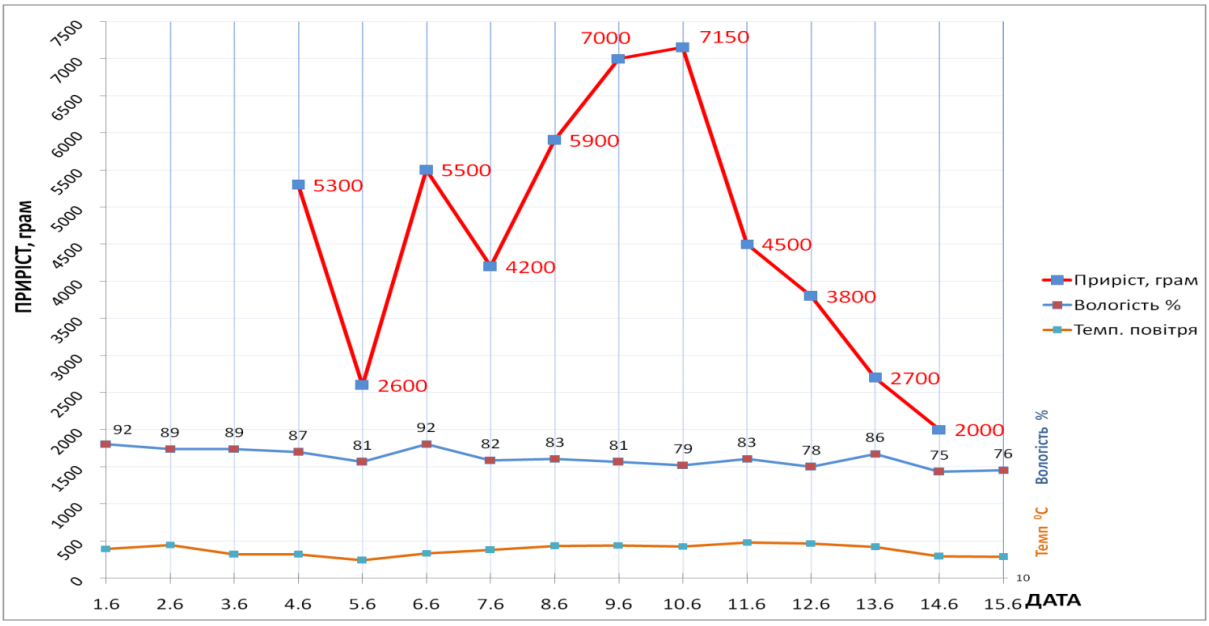


Рисунок 2.2. Приріст контрольного вулика

Наявність у сім'ї бджолиної матки суттєво впливає на роботу бджіл за збирання нектару та його переробку. Присутність матки поміж бджіл сім'ї – важлива обставина ефективно використовувати медозбір. У сім'ї, за відсутності матки, значно уповільнюються, а потім зовсім припиняються основні функції: продукування воску та оновлення стільників, догляд за личинками, збір нектару, бджолиного обніжжя та їхня переробка. Із появою в сім'ї матки всі функції її, як єдиної біологічної структури, відновлюються. Зменшення інтенсивності чи повна зупинка робочих процесів бджолами без наявності матки – найголовніша біологічна адаптивна реакція бджіл, вироблена у процесі еволюції. Це дає змогу сім'ї залишатись сильною та мати фізіологічно здорових бджіл вирощувати велику кількість розплоду, що багато в чому визначає виживання сім'ї в екстремальних умовах.

Між вирощуванням розплоду бджолиними сім'ями впродовж медозбору та їхньою продуктивністю існує непростий взаємозв'язок. Багато в чому він визначається рівнем та тривалістю медозбору. Присутність у бджолиній сім'ї значної кількості печатного розплоду в ході головного медозбору постійно благотворно впливає на його використання, тому що служить основою наповнення сім'ї новонародженими бджолами, утримуючи її силу і не потребуючи неабияких витрат енергії по догляду. Упродовж короткого медозбору, тривалістю до 15 діб, зі зростанням кількості відкритого розплоду, медопродуктивність сімей знижується. Чим більше розплоду доглядають бджоли впродовж медозбору, тим менше вони заготовлять кормових запасів. Відсутність розплоду або його значне зменшення за тривалого медозбору тривалістю 20–25 діб лише у перші 13–15 діб сприяє збільшенню заготівлі меду. Потім медозбір поступово зменшується через виснаження бджіл та відсутність поповнення сім'ї молодою генерацією особин.

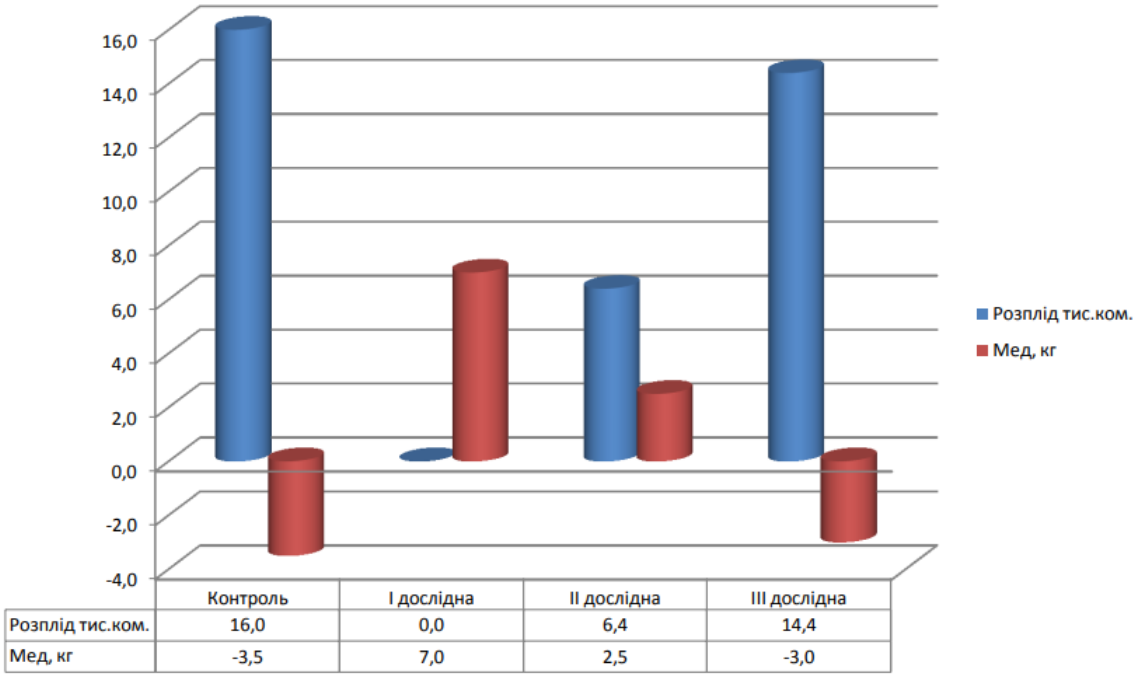
Чисельність відкритого розплоду, що вигодовується до запечатування вираховуємо за формулою:

$$КрВ = дЯ \times 10$$

де, **КрВ** – чисельність відкритого розплоду;
дЯ – добова яйценоскість маток;
10 – довгота медозбору, діб.

Показник яйценоскості бджолиних маток у досліджуваних групах бджолиних сімей становив близько 1,5 тисячі яєць на добу. Отже, якщо 1,5 тисяч яєць×10 діб = 15 тисяч комірок. Таку кількість розплоду доглядають бджоли упродовж медозбору з білої акації. Якщо урахувати, що на годівлю 10 тис. личинок, бджолина сім'я використовує майже два кілограми

меду, то за увесь період медозбору тільки для розплоду, а в нашому випадку 15 тис. личинок, затрачено 3,0 кг меду (рис. 2.3).



	Контроль	I дослідна	II дослідна	III дослідна
Розплід тис.ком.	16,0	0,0	6,4	14,4
Мед, кг	-3,5	7,0	2,5	-3,0

Рисунок 2.3. Вплив розплоду на медозбір

У I дослідній групі сімей на дев'ятий день тимчасової ізоляції бджолиних маток, відкритий розплід бджолами був запечатаний. Бджоли не годували розплід і не витрачали мед. Всього у I дослідній групі ізоляція маток дала можливість зменшити витрати корму по догляду за розплодом на 3,3 кг на одну бджолину сім'ю. Крім того, завдяки вивільненню бджіл від годівлі розплоду можна додатково одержати ще до 3,5 кг меду. Пряма добавка меду склала 7 кг.

У II дослідній групі бджолиних сімей, де маток ізолювали за 5 діб до медозбору, бджоли чотири дні доглядали розплід до його запечатування і звільнившись від догляду 6 діб працювали на медозборі. Добавка меду становила 2,5 кг на сім'ю бджіл. Збільшення кількості відкритого розплоду в III дослідній групі бджолиних сімей, де маток ізолювали з початком медозбору до 14,4 тис. личинок призвело до втрат меду в кількості 3 кг на сім'ю бджіл. Такі розрахунки дають підстави стверджувати, що тимчасове обмеження бджолиних маток упродовж медозбору терміном до 20 діб знижує втрати енергії бджіл по здійсненню догляду за відкритим розплодом та збільшує медову продуктивність сімей бджіл.

Безперечна важливість медоносних бджіл для сільського господарства проявляється у здатності їх запилювати ентомофільні сільськогосподарські культури. Результат від запилення цих культур значно більший, ніж від отримання різної продукції бджільництва. Але для пасічницьких господарств рентабельність визначає саме продукція галузі. Мед був і залишається основним продуктом бджільництва. Варто зазначити, що тимчасова ізоляція бджолиних маток у I дослідній групі за 10 діб до початку медозбору, (табл. 2) суттєво вплинула на їхню медпродуктивність, що становила 19,57 кг товарного меду, або на 45,71 % більше від продуктивності сімей контрольної групи.

Потрібно зазначити, що в групі бджолиних сімей з ізольованими за 5 діб до медозбору бджолиними матками, медопродуктивність була також більшою на 11,55 %, ніж в групі контролю і склала 15,47 кг меду. Навіть у бджолиних сім'ях, де маток ізолювали перед настанням медозбору, показник медпродуктивності склав 14,5 кг меду, що також більше на 7,98 % ніж в контрольній групі бджолиних сімей. Бджолині сім'ї I групи достовірно переважали за продуктивністю сім'ї II та III груп ($P \geq 0,95$).

Таблиця 2.2. Медова продуктивність сімей в залежності від строків ізоляції бджолиних маток, кг, n=3

Показник	контроль	І дослідна група	ІІ дослідна група	ІІІ дослідна група
Товарний вихід меду	13,43±0,21296	19,57±0,44528*	15,47±0,7744	14,50±0,5808

Примітка: * – *P>0,99*.

Отже, в умовах досліду доведено, що оптимальним строком тимчасової ізоляції бджолиних маток для зниження втрат енергії бджолами під час виховання розплоду та високим рівнем медової продуктивності визначений період тривалістю 10 діб до медозбору. Таким чином можна створити резерв бджіл для зростання медопродуктивності та ефективного запилення ентомофільних культур.

2.1.2. Дослідження репродуктивної функції бджолиних маток шляхом обліку розплоду після їх тимчасової ізоляції. З метою отримання великих показників збору меду замало наростити силу бджолиних сімей, але й потрібно утримувати їх у робочому стані. Іноді відкритий бджолиний розплід займає велику поверхню гніздових стільників, і тоді він перешкоджає бджолам збирати нектар, а догляд за розплодом зменшує тривалість їхнього життя. Льотно-збиральна енергія бджолиної сім'ї різко знижується, коли вона упродовж медозбору залишена без матки і тому варто не відбирати маток, а лише тимчасово обмежувати їх яйцекладку. В такому разі у сім'ї буде присутня плідна матка, яка забезпечить нормальний біологічний стан але зменшиться поверхня відкритого розплоду. Крім того, відбирання бджолиної матки перед початком медозбору, зазвичай, провокує у сім'ях умови переходу сім'ї в ройовий стан. Це один із мотивів, який змусив нас відмовитися від такого прийому на початку медозбору.

Рівень репродуктивної здатності бджолиних маток визначають за кількістю вирощеного в сім'ї розплоду. Для з'ясування репродуктивної функції тимчасово ізольованих бджолиних маток, їхньої якості, проведені дослідження з визначення рівномірного вирощування розплоду бджолиними сім'ями після закінчення ізоляції маток. Потрібно було вияснити, чи буде різниця між кількістю відкладених яєць тимчасово ізольованих маток і маток без обмеження репродуктивної функції. Після медозбору з акації білої бджолині матки всіх дослідних груп звільнили з ізоляторів. Тривалість ізоляції маток у І дослідній групі бджолиних сімей тривала 20 діб, у ІІ дослідній групі –15 діб і у ІІІ групі – 10 діб.

Проміжок часу тимчасового обмеження репродуктивної функції маток неодноразово проявився на кількості розплоду. Унаслідок обліку, у І дослідній групі розплоду було найменше – 0,55±0,264 квадратів (табл. 2.3), але у цих бджолиних сім'ях спостерігалась значна кількість робочих бджіл доглядати розплід. Приблизно однаковою за кількістю розплоду – 103,6667±15,52 і 107,6667±6,93 квадратів були бджолині сім'ї ІІ та ІІІ дослідних груп.

Як видно з даних таблиці 2.3, тимчасово ізольовані бджолині матки у дослідних групах почали відкладати яйця одразу після їхнього звільнення з ізоляторів, про що свідчать показники наявності розплоду. До кінця пасічницького сезону істотної різниці між звільненими з ізоляції бджолиними матками і матками контрольної групи сімей майже не відзначено. Табл. 2.3 демонструє динаміку вирощування розплоду в контрольній і трьох дослідних групах бджіл (n=24) у період з травня по вересень, з акцентом на вплив ізоляції маток. До моменту ізоляції (до 14.06) показники у всіх групах були стабільно високими та близькими між собою, однак одразу після ізоляції (14.06–26.06) спостерігається різке зниження кількості розплоду в дослідних групах, особливо у групі І (до 0,5±0,26). Подальше поступове відновлення в липні–серпні свідчить про адаптаційні процеси, зокрема більш активне нарощування у ІІ та ІІІ групах. Загалом таблиця підтверджує статистично значущий вплив ізоляції маток на репродуктивну активність бджолосімей, що важливо для оцінки біотехнологічної керованості пасічного циклу. У деякі періоди різниця між групами бджолиних сімей складала в середньому від 11 до 14 квадратів розплоду, рис. 2.4.

Таблиця 2.3.Динаміка вирощування розплоду до та після ізоляції бджолиних маток, квадратів, n=24

Дата	контроль	I дослідна група	II дослідна група	III дослідна група
7.05	152,6667±22,208	157±21,168	158±22,272	165,6667±24,592
19.05	180±20,256	187,3333±18,768	191±15,72	181,6667±15,072
14.06	201,6667±13,848	0,5±0,264*	104,6667±15,52*	108,6667±6,928*
26.06	200±16,704	14,83333±5,34*	18±5,424*	49,33333±10,56*
08.07	228,6667±11,984	177,6667±16,104*	208,6667±6,304	205,3333±11,008
20.07	188,3333±11,232	205,3333±10,624	182,3333±10,312	185,6667±9,848
1.08	132,6667±13,216	139,6667±8,944	150,3333±6,472	141±9,024
13.08	101,1667±14,748	105±12,504	94,66667±15,232	97,66667±13,88
25.08	45,33333±8,064	50±12,096	51,66667±9,608	48±11,328
6.09	82,33333±14,304	72±11,136	84,66667±16,4	89±13,704

Примітка: * – *P>0,99*.

Рисунок 2.4. Репродуктивна здатність бджолиних маток

Таким чином, після тимчасової ізоляції репродуктивної функції бджолиних маток з кінця червня і до кінця липня місяця, матки в досліджуваних групах збільшували кількість відкладених яєць, а під кінець обліків відбулось зменшення їхньої репродуктивної діяльності. Така поведінка маток пов'язана уже не з їхньою ізоляцією, а з періодом сезону. У другій половині літа матки послідовно скорочують темп відкладання яєць. Так, у другій половині серпня, тобто, після закінчення медозбору, репродуктивна функція маток усіх груп знизилась і в кінці місяця кількість розплоду по групах не перевищувала 50 квадратів.

Необхідно зазначити, що звільнені з тимчасової ізоляції бджолині матки відкладали яйця без пропуску комірок, що підтверджено якістю печатного розплоду.

За умов обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток під час медозбору бджолам необхідна додаткова площа стільників для складання і переробки нектару. Необхідність додаткової площі стільників випливає з інстинкту бджіл складати нектар на період дозрівання лише в невеликій кількості в комірки. Бджоли спочатку займають для

розміщення нектару в три рази більшу площу стільників у порівнянні з площею, яка знадобиться для розміщення зрілого меду. Інакше кажучи, бджоли спочатку заповнюють комірки лише на одну третину їхнього об'єму. Відомо, що в середньому, основна маса нектару за сприятливих умов погоди згущується за п'ять діб. На крайніх стільниках це згущення затягується на значно більший час. Одна бджолина комірка глибиною 12 мм вміщує 0,43 г меду. Отже, в перший день в комірці буде 0,14 г нектару, на третій день – заповненість комірок подвоїться і становитиме 0,28 г, а на шостий день комірки будуть заповнені майже повністю – 0,40 г. Виходячи з цього можна розрахувати кількість комірок, необхідних для розміщення та переробки нектару.

2.1.3. Трофічні зв'язки медоносних бджіл в системі «соняшник-бджола». Соняшник визнається як одна із найцінніших медоносних культур. Ця олійна однорічна культура налічує близько 60 сортів і хоч виділяє менше нектару у порівнянні з гречкою, але її медова продуктивність набагато вища за рахунок існування великих посівних площ. У багатьох областях України основна частка товарного меду збирається із соняшника.

Суцвіття соняшника має форму кошика, у якому знаходиться 60–1200 квіток. Назовні його знаходяться язичкові квіти, основна функція яких приваблювати бджіл. Щодоби розкривається близько 115 квіток. Соняшник зацвітає на 65–80 добу після посіву. Розквіт культури починається у липні-серпні і триває 25–30 діб. Першими, здебільшого, зацвітають язичкові квітки соняшника, що з краю, а серединні останніми – трубчасті, у яких формується насіння. Цвітіння поширюється від краю до середини та закінчується у центрі суцвіття. Найбільше продукують нектар крайні квітки. Тривалість цвітіння головки соняшника – 35–40 год за умови запилення комахами. За відсутності запилювачів, період цвітіння триває від 3 до 10 діб.

Перша фаза цвітіння соняшнику найпривабливіша для бджіл. Без огляду на те, що виділяється нектар упродовж усього дня, бджоли частіше відвідують суцвіття лише у першій половині. Найвища активність бджіл випадає на 11:00 за умови теплої безвітряної погоди. Середньодобове значення кількості нектару у квітці соняшнику зберігається впродовж дня. Відсоток цукру у нектарі, зібраного з цієї рослини, становить 45–70 %. На початок цвітіння суцвіття соняшника виділяє 0,50 мг нектару, тоді як у розпал 0,65 мг, а в кінці цвітіння – 0,55 мг.

Найкращий температурний режим для продукування нектару соняшником вважається в інтервалі від 25ºС до 30°С. Зниження виділення нектару спостерігається у разі досить малої вологості повітря, менше 30 %, яка спостерігається під час дощів та туманів. Дощ в період цвітіння соняшнику також помітно знижує льотну активність бджіл. Дощі у вигляді злив змивають нектар із суцвіть та сприяють зниженню рівня цукрів у нектарі. Однак, короткотривалі опади за помірних температур повітря, навпаки, посилюють продукування нектару.

Медопродуктивність соняшнику помірна та становить 60–70 кг/га. Мед із соняшнику золотавого кольору, швидко твердіє з утворенням великих кристалів, смак його терпкуватий.

У кожній природно-кліматичній зоні встановлюється власний характер медозбору, його інтенсивність та тривалість.

В умовах проведення досліду, цвітіння соняшнику розпочалось 13 липня і тривало 13 діб, до 26 липня. У відповідності до умов досліджень, 4 липня, за 10 діб до медозбору із соняшника були ізольовані в кліточках-ізоляторах бджолині матки у I та III дослідних групах бджолиних сімей. Бджолині матки у сім'ях II контрольної групи були ізольовані ще 14 травня. По закінченню медозбору, а саме 26 липня, бджолиних маток з усіх дослідних груп випустили з ізоляторів до гнізд. Відбирання меду для обчислення рівня медової продуктивності сімей провели 6 серпня.

Принесення нектару всіма групами бджолиних сімей упродовж медозбору із соняшника сорту Піонер 66 відмічене стійким позитивним показником – від 0,4 до 6,5 кг нектару за добу. Але були виявлені помітні відмінності у медовій продуктивності сімей. На 30,2 % менше меду

зібрали бджолині сім'ї дослідних груп в порівнянні з бджолиними сім'ями контрольної групи. Бджолині сім'ї II дослідної групи заготовили меду на 34,8 % менше і лише бджолині сім'ї III дослідної групи на 2,2 % меду більше у порівнянні з бджолиними сім'ями контрольної групи (рис. 2.5).

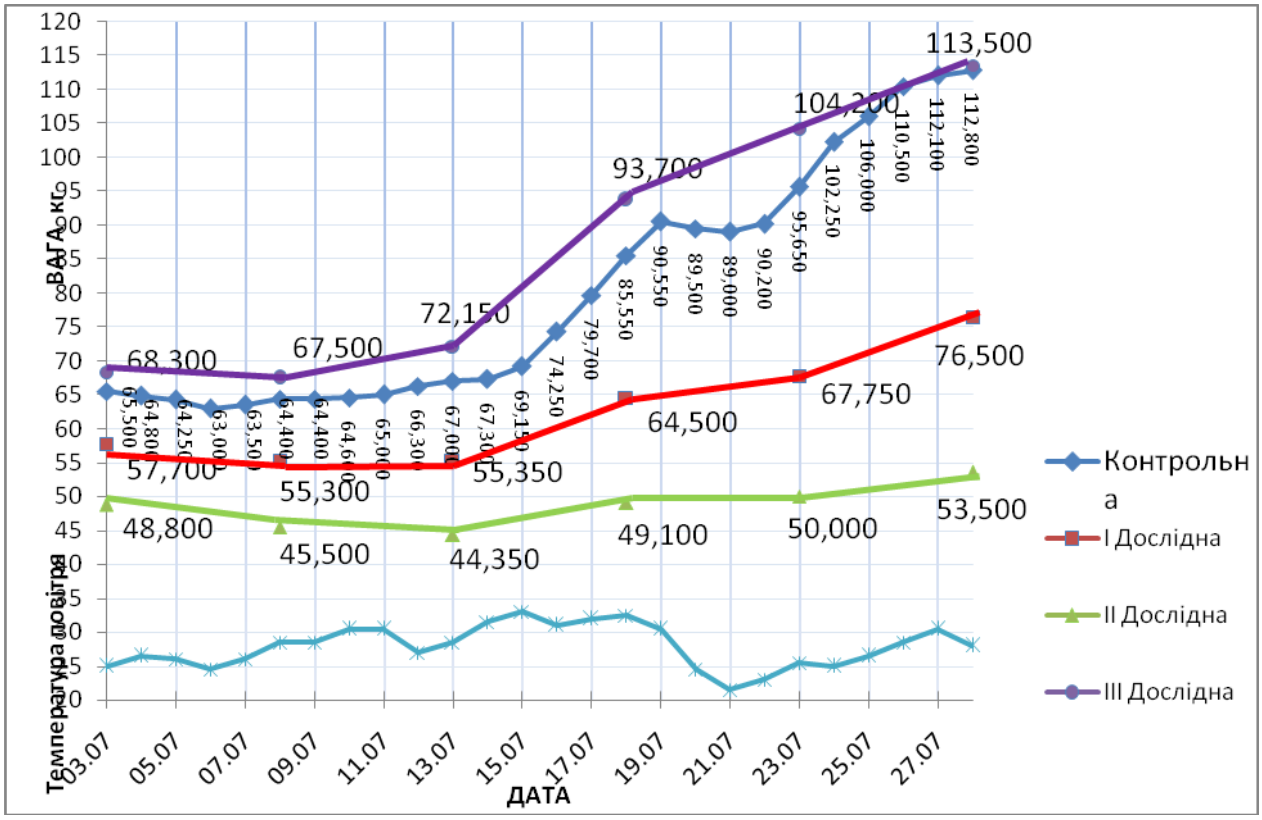


Рисунок 2.5. Динаміка надходження нектару на медозборі із соняшника

Дані продуктивності бджолиних сімей залежать не тільки від існування кормової бази, а і від того, як бджоли здатні її використати. Отримані результати підкреслюють те, що у II дослідній групі, в якій були тимчасово ізольовані матки впродовж 2,5 місяців, зниження медозбору було викликано ослабленням сімей через тривалу ізоляцію маток. Від самого початку і до кінця медозбору із соняшнику сила сімей II групи почала стрімко зменшуватися за рахунок масового відходу льотних бджіл. Розплід в цій групі сімей був відсутній.

Заміна бджолиних маток на зрілий маточник в сім'ях I дослідної групи призвів, в подальшому, також до зменшення їхньої продуктивності у порівнянні із сім'ями контрольної групи. Після виходу маток із маточників через 15 діб вони почали яйцекладку. Ослаблення сімей цієї групи спостерігалось на 21 день після відбору старих маток і тривало біля місяця. Впродовж 8 діб сім'ї були вільні від виховання розплоду та зайняті на медозборі. Це позитивно вплинуло на продуктивність сімей. Однак, нами визначено часткове ослаблення сили сімей. Тому цей прийом заміни матки печатним маточником теж не можна визнати оптимальним.

Найбільшу кількість меду зібрали бджолині сім'ї III дослідної групи, де маток замінили молодими, плідними. Цей прийом заміни характерний мінімальною тривалістю періоду перехідних процесів у сім'ях. В середньому, з урахуванням втрат часу від підсаджування матки і до виходу її на рівномірний темп яйцекладки, період переходу становив 6 діб. Цей період не вплинув на стан дослідних сімей та їхню продуктивність.

Використання бджіл на медозборі з соняшнику суттєво уповільнює кількість вирощеного розплоду. Відмічено поступове, а потім різке зменшення відкладання яєць матками, починаючи з кінця липня. За першого обчислення площі середньодобової яйценосності бджолиних маток ми встановили, що у I дослідній групі сімей 30 липня кількість

квадратів розплоду становила 1264,13±63,85, що на 3,35% більше у порівнянні з сім'ями контрольної групи (p>0,01), табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Інтенсивність відкладання яєць маткою, шт. (M>m, n=5)

Дати обліку	Групи бджолиних сімей			
	контроль	I дослідна	II дослідна	III дослідна
30.07	1225,35±5,64	1264,13±63,85**	934,23±6,81	1250,45±66,35**
10.08	1023,33±19,76	1248,75±26,75	862,54±18,33	1249,67±27,33
22.08	952,88±12,11	1123,44±10,79	775,37±11,91	1132,49±11,87
4.09	659,32±8,71	1022,82±18,34**	542,25±6,33	1047,16±17,67**
Всього	3860,86±37,96	4661,14±42,43	3114,39±35,82	4679,77±40,02

Примітка: ** – P>0,99, ** – P>0,01.*

Три наступні вимірювання кількості розплоду показали, що у маток дослідних сімей інтенсивність відкладання яєць на 31,8 % (p>0,01) більша в порівнянні з матками сімей контрольної групи.

Встановлена різниця кількості розплоду за обчислення, яке проводилось четвертого вересня. Із даних табл. 4 випливає, що репродуктивні функції маток групи контрольних бджолиних сімей на 32,2 % поступалися дослідним (p>0,01). Так, у контролі показник 4 вересня становив 658,32 яєць закритого розплоду, а у дослідних сім'ях кількість запечатаного розплоду в цей день становила по групах, яєць: 1025,82 – у I, 544,25 – у II та 1045,16 – у III. Розплід, вирощений бджолами в кінці серпня та початку вересня стане основою бджіл зимового клуба. Від бджіл цього періоду, власне, залежить якість та хід зимівлі.

Встановлена різниця за кількістю розплоду під час підготовки бджолиних сімей дослідних груп до фази гіпобіозу. Упродовж чотирьох вимірювань у бджолиних сім'ях I та III дослідних груп вирощено на 20,8 % та 21,7 % розплоду більше, ніж у сім'ях контрольної групи, що забезпечить сприятливі умови ходу зимівлі. За кількістю розплоду бджолині сім'ї II дослідної групи поступались сім'ям контрольної групи на 19,7 %.

Аналізуючи одержані результати досліджень, можна відмітити, що зниження числа розплоду у II дослідній групі сімей, де впродовж тривалого періоду, з 24 травня до 26 липня, були тимчасово ізольовані бджолині матки, негативно позначилось на репродуктивній функції маток та на силі бджолиних сімей цієї групи під час підготовки до осінньо-зимового періоду.

Жирове тіло у бджіл виконує функцію накопичення резервних речовин та виведення прикінцевих продуктів обміну, суттєво впливає на фізіологічні показники бджіл. Головним чином, жировому тілу випадає вагоме значення у ході підготовки бджолиних сімей до зими. Зростання ступеню розвитку жирового тіла у бджіл помічено у фазі зміни літніх бджіл на зимових за підготовки їх до зимового періоду.

Аналіз результатів досліджень динаміки зростання жирового тіла у бджіл різного віку контрольної та I і III дослідних груп під кінець медозбору з соняшника виявили, що ступінь розвитку показав низький рівень (табл. 2.5). Тенденція до зменшення розвитку жирового тіла у бджіл відмічена нами у липні та становила 2,3–2,6 бали.

Аналіз середніх показників розвитку жирового тіла у бджіл літньо-осінньої генерації демонструє чіткі відмінності між контрольними та дослідними групами. У контрольній групі спостерігається поступове зростання показника — від 2,1 до 4,0 — що свідчить про природну адаптацію до осінньо-зимового періоду. I дослідна група демонструє стабільні, але нижчі значення без явної позитивної динаміки, що може вказувати на нейтральний або обмежений вплив застосованої методики. У III дослідній групі приріст є помірним, досягаючи максимуму 3,6 у жовтні, що дозволяє припустити потенційну ефективність використаного втручання.

Найбільший інтерес викликає II дослідна група, яка протягом усього періоду зберігає високі показники розвитку жирового тіла, з піком у вересні (3,8) і стабільністю у жовтні (3,6).

Таблиця 2.5. Середні показники ступеню розвитку жирового тіла у бджіл літньо-осінньої генерації, M±m, n=50

Дати обліку	Ступінь розвитку жирового тіла, бали			
	контроль	I дослідна	II дослідна	III дослідна
27.07	2,1±0,04	2,7±0,02	3,3±0,01	2,5±0,05
07.08	2,5±0,02	2,5±0,01	3,7±0,01	2,8±0,04
20.08	2,8±0,03	2,5±0,01	3,5±0,01	3,0±0,03
01.09	3,5±0,01	2,8±0,02	3,0±0,02	3,6±0,01
11.10	4,0±0,05	3,2±0,01	2,8±0,04	3,6±0,01

Така динаміка дозволяє стверджувати, що впроваджена технологія або біологічний засіб у цій групі сприяв накопиченню енергетичних резервів у бджіл, що має важливе значення для успішної зимівлі. Отримані дані можуть стати аргументованою основою для рекомендацій щодо удосконалення методів осіннього підгодовування або терапевтичної підтримки бджолиних сімей.

У бджолиних сімей II дослідної групи ступінь розвитку жирового тіла був на рівні 2,8 бали. Але за рівнем розвитку жирового тіла робочих бджіл осінньої генерації вони поступались. Від народження серпневі бджоли нарощували жирове тіло, рис. 2.6-2.7.

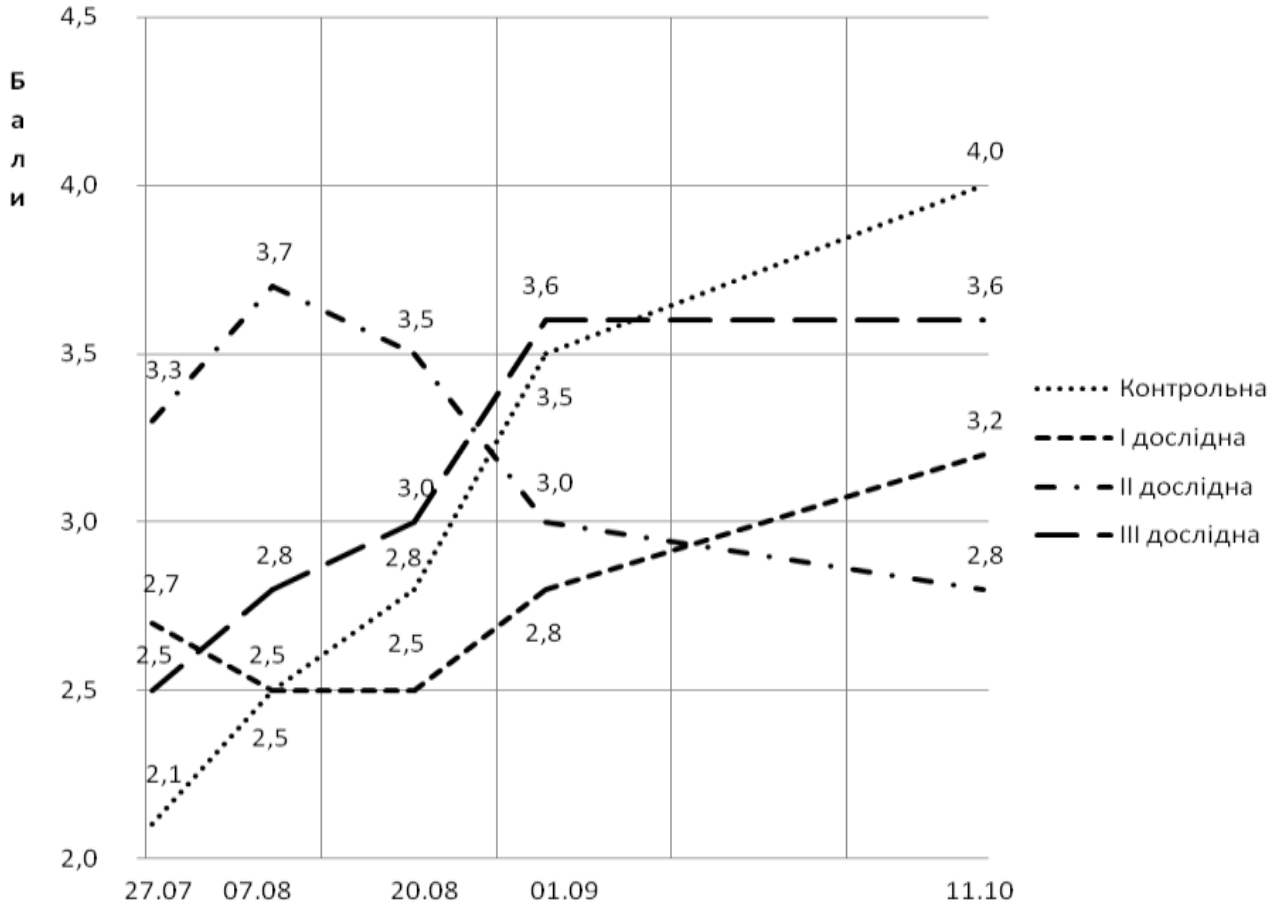
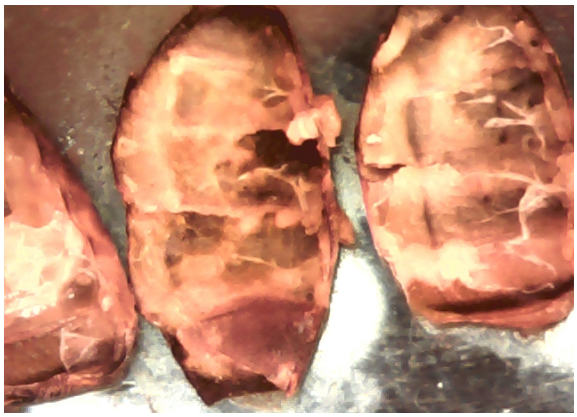
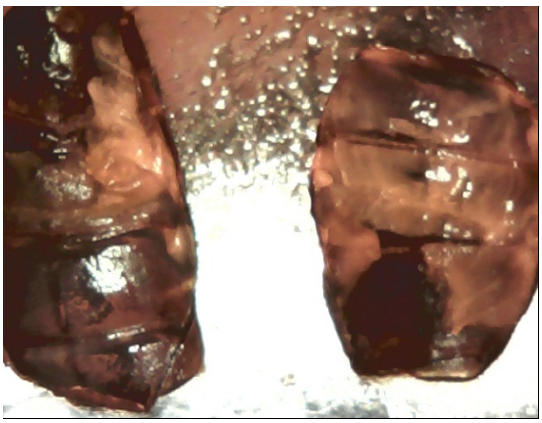


Рисунок 2.6. Динаміка ступеню розвитку жирового тіла у бджіл літньо-осінньої генерації

Не було відмічено значущої різниці ступеню розвитку жирового тіла бджіл у сім'ях контрольної та I і III дослідних груп.

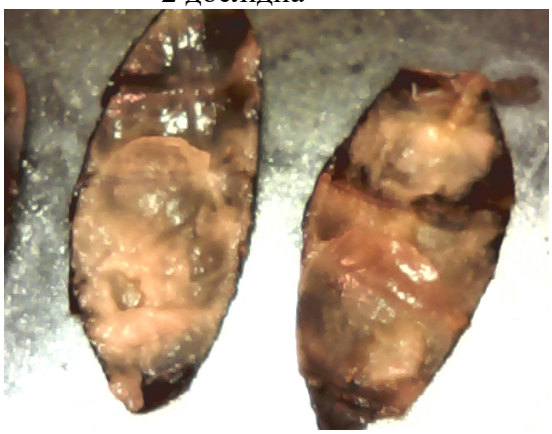


1 дослідна



2 дослідна

3 дослідна



Контрольна

Рисунок 2.7. Відпрепаровані тергіти черевця бджіл контрольної та дослідних груп осінньої генерації

Бджоли контрольної групи мали ступінь розвитку жирового тіла на рівні 3,8 бали, I дослідної 3,1 бали, III дослідної 3,5 бали. На відміну від них, у бджіл сімей II дослідної групи цей показник дорівнював 2,8 бали.

Істотне зниження розвитку жирового тіла бджіл II дослідної групи прямо поєднується з тривалим періодом ізоляції бджолиних маток і відходом бджіл упродовж медозборів. Ізоляція чи заміна бджолиних маток на короткочасний період, порівнюючи з тривалим, очікувано вплинула на показники розвитку жирового тіла бджіл.

Як бачимо з рис. 2.7, у ході підготовки бджіл до зимового періоду помічена стабільно незмінна ступінь розвитку жирового тіла. Вірогідна різниця ступеню розвитку жирового тіла бджіл 2 дослідної групи була наближена до (P=0,95). Цей мікроскопічний зріз жирового тіла бджоли демонструє активний морфологічний стан трофоцитів з вираженими ліпідними включеннями, що свідчить про інтенсивне накопичення енергетичних ресурсів. Чітко окреслені клітинні межі та ядра свідчать про збережену структурну організацію тканини, а неоднорідність включень вказує на варіації метаболічної активності. Така гістологічна картина узгоджується з осіннім періодом, коли у бджіл відбувається мобілізація резервів для забезпечення зимової витривалості, і є важливим підтвердженням ефективності застосованих біологічних або екологічних втручань у дослідній групі.

Отже, доведено переваги біотехнологічного прийому способу тимчасової ізоляції бджолиних маток на період коротких медозборів, що дав змогу виявити певну закономірність у приносі бджолами нектару та підвищити життєздатність бджіл. Тимчасова ізоляція бджолиних маток в подальшому не вплинула на їхню репродуктивні здатність.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 2.1

Al-Kahtani, S. N., Taha, E.-K. A., & Ansari, M. J. (2020). *The relationship between comb age and performance of honey bee (Apis mellifera) colonies*. Journal of Apicultural Research, 59(5), 948–954. https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1800549.

Amro A., Omar M., Al–Ghamdi A. Infl uence of diff erent proteinaceous diets on consumption, brood rearing, and honey bee quality parameters under isolation conditions. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 40(4). 2016. P. 468–475 https://doi.org/10.3906/vet–1507–28.

Bogdanov, S. et al. (2020). *Best Practices in Bee Management*. Swiss Bee Research Centre.

Delaplane, K. S., van der Steen, J., & Guzman-Novoa, E. (2013). Standard methods for estimating strength parameters of Apis mellifera colonies. *Journal of Apicultural Research*, *52*(1), 1–12. https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.03.

Delaplane, K. S., van der Steen, J., & Guzman-Novoa, E. (2013). Standard methods for Apis mellifera research. *Journal of Apicultural Research*, *52*(4), 1–48. https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.12.

Duran Yasin, Karaboga Ihsan, Polat Fatin et al. (2020). *Royal jelly attenuates gastric mucosal injury in a rat ethanol–induced gastric injury model.* Molecular Biology Reports. V. 47, 8867–8879. https://doi.org/10.1007/s11033–020–05939–w.

Genç, F. (2021). *Modern Beekeeping Practices: Strengthening Colonies and Maximizing Honey Yield*. Ankara: Apicultural Research Institute Press.

Guichard, A., Vignal, A., Basso, B., Gaudin, G., & Navajas, M. (2024). *Heritability and correlations for honey yield, handling ease, brood quantity, and traits related to resilience in a French honeybee population*. Apidologie. https://doi.org/10.1007/s13592-024-01088-2.

Harbo, J. R. (2001). Managing honey bee colonies for pollination and honey production. *American Bee Journal*, *141*(6), 415-420.

Hatjina, F., & Bouga, M. (2020). Managing colony strength and minimizing swarming in Mediterranean climates. *Bee World*, *97*(2), 40–45. https://doi.org/10.1080/0005772X.2020.1735137.

Kanelis D., Tananaki C., Liolios V. et al. (2015). *A suggestion for royal jelly specifications. Prijedlog globalnih standarda za matičnu mliječ*. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. V. 66(4), 275–284. https://doi.org/10.1515/aiht2015–66–2651.

Klein, S., Couvillon, M. J., & Ratnieks, F. L. W. (2021). Thermal stress and colony strength affect swarming behavior in honey bees (Apis mellifera). *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 34–42. https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1879824.

Kryger, P., & Moritz, R. F. A. (2008). Co-variation of queen and colony traits in honeybees: Implications for queen breeding and colony performance. *Journal of Apicultural Research*, *47*(1), 34–41. https://doi.org/10.3896/IBRA.1.47.1.06.

Mahbobi, H., Zolfagharian, H., & Safari, H. (2022). Management strategies to reduce swarming in Apis mellifera: Effects of colony strength and brood space. *Frontiers in Bee Science*, 2, Article 100123. https://doi.org/10.3389/frbee.2022.100123.

Mahmoud, A. M., El-Kazaz, A. A., & Ali, M. F. (2021). *Nutritional effects of supplementary diets on brood development, biological activities and honey production of Apis mellifera L.* Saudi Journal of Biological Sciences, 28(12), 7385–7391. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.059.

Mattila, H. R., & Seeley, T. D. (2007). Genetic diversity in honey bee colonies enhances productivity and fitness. *Science*, *317*(5836), 362–364. https://doi.org/10.1126/science.1143046.

Meikle, W. G., Holst, N., Colin, T., Weiss, M., Carroll, M. J., & Williams, G. R. (2021). Modelling colony-level resource dynamics in honey bees. *Ecological Modelling*, *440*, 109380. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109380.

Mohamed, M. E., Al-Ghamdi, A. A., & Hannan, M. A. (2024). *Evaluating the efficiency of supplementary feeding as a management strategy for enhancing honeybee (Apis mellifera L.) colony growth and productivity*. Frontiers in Bee Science, 1, Article 1386799. https://doi.org/10.3389/frbee.2024.1386799.

Nicolson, S. W. (2021). Influence of nectar flow on queen egg-laying behavior in Apis mellifera. *Apidologie*, *52*(4), 385–392. https://doi.org/10.1007/s13592-021-00857-1.

Rangel, J., & Tarpy, D. R. (2015). The influence of colony size on honey bee (Apis mellifera) foraging behavior and productivity. *Apidologie*, 46(4), 527–537. https://doi.org/10.1007/s13592-015-0349-7.

Seeley, T. D. (2019). *The Lives of Bees: The Untold Story of the Honey Bee in the Wild*. Princeton University Press.

Sláma, K., Beneš, P., & Čermák, B. (2019). Influence of queen restriction on honey yield in Apis mellifera. *Apidologie*, *50*(3), 356–364. https://doi.org/10.1007/s13592-019-00655-1.

Wragg, D., Momeni, J., & Bienefeld, K. (2022). *First large-scale genomic prediction in the honey bee (Apis mellifera)*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2206.07397.

Головецький, І. І., Лосєв, О. М. (2016). *Технологія виробництва продукції бджільництва*. 25. (електронний курс)

Зотько, М. О. (2019). *Вплив віку і маси бджолиних маток на репродуктивні діяльність та медову продуктивність.* Аграрна наука та харчові технології, 2 (105), 86–94.

Литвак, П. В., Ремезова, Г. О. (2003). Соціально–економічні та екологічні наслідки аварії на ЧАЕС на території Житомирської області. 167–171.

Лісогурська, Д. В., Фурман, С. В., Кривий, М. М. (2018). *Удосконалення технології утримання бджолиних сімей*. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: зб. наук. пр. Житомирського НАУ, 8, 33–36.

Міщенко, О. А. Литвиненко, О. М., Криворучко, Д. І., Афара, К. Д. (2022). *Ізоляція та заміна бджолиних маток за умов медозбору.* Вісник аграрної науки, 8. (832), 44–52. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202207-05.

Міщенко, О. А., Литвиненко, О. М., Афара, К. Д., Криворучко, Д. І. (2022). *Ізоляція та заміна бджолиних маток за умов медозбору.* Вісник аграрної науки, 8. (832), 44–52. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202207–05.

Міщенко, О. А., Литвиненко, О. М., Боднарчук, Г. Л. (2023). *Оптимальні строки ізоляції бджолиних маток на період медозбору*. Вісник аграрної науки, 3. (840), 40–46.

Міщенко, О. А., Литвиненко, О. М., Криворучко, Д. І., Афара, К. Д. (2020). *Вплив структури гнізда і віку бджолиної матки на заготівлю бджолами білкового корму*. Вісник аграрної науки, 10, 27–32. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-04.

Папченко, О. В. (2013). *Розвиток бджолиних сімей за різних способів їх утримання в умовах продуктивних медозборів.* Вісник Луганського національного аграрного університету: наук.–теор. зб. Том 18, 2 (31), 119–123.

Поліщук, В. (2014). *Вплив бджолиних маток різного віку на розвиток і продуктивність бджолиних сімей.* Тваринництво України, 2, 7– 10.

Постоєнко, В. О., Боднарчук, Л. І., Бугера, С. І. (2021). *Бджільництво України*: монографія / за заг. ред. д.с.–г. н., проф. В. О. Постоєнка. К.: Ліра-К, 464 с.

Pettis, J. S., & Delaplane, K. S. (2010). Managing brood production in honey bees using queen excluders and brood breaks. *Journal of Apicultural Research*, *49*(1), 1–7. https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.02.

Разанов, С. Ф. (2008). Виробництво меду і воску у багатокорпусних вуликах. *Тваринництво України*. 12, 43–44.

Разанов, С. Ф., Недашківський, В. М., Вергеліс, В. І. (2020). Вплив температурних параметрів і тривалості цвітіння ріпаку озимого на продуктивність бджолиних сімей. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: зб. наук. праць. Біла Церква, 2, 97–102. https://doi.org/10.33245/2310–9270–2020–158–2–98–103.

Циганова, Т., Кузнецова, Л., Костюченко, М. (2007). *Продукти бджільництва*. Харчова і переробна промисловість, 6, 14–15.

Чехов, С. А. (2001). *Роль бджільництва у підвищенні врожайності ентомофільних сільськогосподарських культур.* Вісник аграрних наук. 3, 77–78.

2.2. Методичні підходи до з'ясування впливу різних біотехнологічних прийомів на продукування бджолиного маточного молочка

Одна з актуальних проблем галузі бджільництва – модернізація існуючих технологій виробництва продуктів бджільництва, у тому числі, маточного молочка. Технологічні прийоми, орієнтовані на виробництво маточного молочка на пасіках до цього часу ґрунтуються на відомих правилах закладання маточників завдяки вилучення матки з гнізда сім'ї, так званий спосіб повного осиротіння. Водночас практикуються способи неповної ізоляції матки, як його ще називають неповне осиротіння, яке дає змогу отримувати надзвичайно більшу кількість маточного молочка без збитку під час отримання інших попутніх продуктів бджільництва. Неповне осиротіння є більш сучасною та ефективною технологією отримання маточного молочка: дає більший обсяг продукту; менше впливає на загальну продуктивність сім'ї; дає змогу поєднувати виробництво маточного молочка з іншими напрямами – медозбір, виробництво воску, прополісу.

Але потребує досвідченого пасічника та дотримання технологічної дисципліни. Повне осиротіння залишається актуальним для невеликих пасік або в умовах, де технології неповної ізоляції важко реалізувати (*Wang et al., 2019; Міщенко та ін., 2020; Walsh et al, 2016; Yucel and Duman, 2020; Kryger et al., 2022; Zhou et al., 2021*).

У такому разі біосинтез бджолиного маточного молочка залежить від наступних умов: осиротіння бджолиних сімей завдяки відбору матки або особлива ізоляція її у відокремленій частині вулика, присутність молодих бджіл з добре розвиненими кормовими залозами, задовільного забезпечення вуглеводними та білковими кормами, щоденної годівлі цукровим сиропом, скорочення та утеплення гнізда, в якому бджоли здатні будувати багато маточників, виразного дотримання технології щеплення личинок. Кількість синтезованого молочка залежить від породних та індивідуальних ознак бджолиних сімей (*Броварський, 2006; Видрик, 2010; Дружбяк та Кирилів, 2010, Міщенко та ін., 2021; Altaye Solomon et al., 2019; Kovalenko et al., 2020; Zhou et al., 2021; Dai et al., 2020*).

Біотехнологічні особливості одержання маточного молочка формуються низкою послідовних операцій з виготовлення штучних мисочок з воску та щеплення личинок для вирощування з них маток, підготовки та застосування сімей-вихователь ок, систематичного відбирання рамок з маточниками та встановлення в той же день нових рамок з щепленими личинками у сім'ї-вихователь ки, збирання маточного молочка в особливий посуд та підготовка його до зберігання.

Личинок для отримання маточного молочка переносять за допомогою шпателя до штучних мисочок, закріплених до планок рамок. Щеплювальна рамка має 4–5 горизонтальні планочки шириною 25 мм. Кількість їх та розташування відносно одна одної залежить від застосованої форми рамки. Для забезпечення правильної відбудови маточників віддаль між сусідніми планками має бути від 50 до 80 мм. Щеплені планки з'єднують з бічними брусками рамок так, щоб було можна їх вертіти чи знімати для зручного щеплення личинок та відбирання маточного молочка. Також застосовують спеціально виготовлені рамки, виготовлені з вузьких планок з шириною 10 мм. Така ширина планок абсолютно достатня для кріплення мисочок та не обмежує догляд бджіл за маточними личинками. На кожну сім'ю-вихователь ку необхідно мати 2–3 такі рамки.

За виготовлення воскових мисочок застосовують лише світлий віск із нововідбудованих стільників, одержаний в сонячній воскотопці. Чистий віск дає змогу покращити біотехнологічні показники виведення маток і збільшити відсоток прийняття личинок (*Міщенко та ін., 2021; Шамро, 2015; Terenchuk, 2020; Kozmus and Gregorc, 2019, Bogdanov, 2018*).

Зроблені штучні мисочки розплавленим воском кріплять до планок рамки по 20–25 штук на кожну. Високопродуктивним бджолиним сім'ям в одній рамці можна дати на виховання не більше 100 мисочок з личинками. Як відомо (*Zhou et al., 2021; Ковальчук, 2020*), 20–25 мисочок на планку – стандартна світова практика, що дає оптимальне співвідношення між кількістю і

якістю. При перевищенні 100 мисочок у звичайній сильній сім'ї: зменшується кількість молочка на личинку; виростають слабші матки з меншою вагою; падає відсоток прийняття.

Для ефективного використання сімей-вихователькок неабияке значення має техніка щеплення личинок до підготовлених мисочок. Личинка вкрита тонкою вологою оболонкою і під час підсихання її може загинути. Отже, переносять личинок зі стільника до мисочок у приміщенні з температурою повітря 25–28 С° та відносною вологістю 90%. Переносять личинки в мисочку спеціальним шпателем, звертаючи увагу на їхній колір, що міняється у зв'язку з линянням. Під час щеплення перших личинок запропоновано денце мисочки зволожити краплею маточного молочка. Бджоли залюбки приймають прозорих яскравих личинок, що вже пройшли першу линьку, яка буває через 8–12 годин після народження з яйця. У штучну мисочку класти личинку необхідно в центрі денця, забираючи шпатель у зворотному напрямку. Як тільки воскові мисочки однієї планки будуть заповнені личинками, її повертають протилежно до попереднього положення і загортають у зволожену тканину. Рамку з личинками передають доглядати сформованим заздалегідь сім'ям-вихователькам. Під час транспортування в гніздо вихователькок, рамки з щепленими личинками захищають від вітру та сонця, використовуючи переносний ящик. Перед першим використанням воскових мисочок їх на одну добу потрібно дати сім'ям для освоєння. За наступного щеплення потребують відновлення лише деякі воскові мисочки, які випадково зруйнувалися або пошкоджені під час відбору маточного молочка *(Броварський та ін., 2017; Шамро, 2015; Amiri et al., 2020; Moritz et al., 2019)*.

Технологія отримання бджолиного маточного молочка в першу чергу передбачає формування сильних сімей-вихователькок, що мають десять і більше вуличок бджіл, 6–7 стільників розплоду різного віку, 15–17 кг меду та 3 стільники з пергою. Окрім розплоду, бджоли в таких сім'ях обов'язково мають бути різного віку із дотриманням їхнього біологічного співвідношення. Чим сильнішою буде створена сім'я-вихователька, тим більше від неї можна одержати бджолиного маточного молочка. *(Міщенко, 2021; Feng et al, 2019; Постоєнко та ін., 2021; Chen et al., 2020)*.

Користуються двома біотехнологічними прийомами під час підготовки сімей-вихователькок до синтезу маточного молочка: з повним осиротінням, коли бджолину матку поміщають у сформоване відділення вулика або з неповним осиротінням, коли бджоли можуть контактувати з маткою через ґрати в перегородці вулика. За неповного осиротіння в суцільній перегородці монтують кілька рядів отворів розділової решітки. Вулик-лежак такою перегородкою ділять перед льотком так, щоб більшою частиною його користувалась сім'я-вихователька. У меншому відділку вулика залишають матку і ставлять 4 порожні стільники для відкладання яєць та 1-2 стільники з кормом. По інший бік перегородки створюють буферну зону з декількох кормових рамок, а далі за ними ставлять стільники з різновіковим розплодом. Між стільниками з розплодом ставлять рамки з щепленими личинками. Попередньо, гніздо сім'ї-вихователькі варто максимально скоротити, щоб бджоли тісно прикривали всі залишені в гнізді стільники з розплодом. У так сформованому гнізді бджоли краще приймають личинок на виховання та синтезують маточне молочко (*Циганова та ін., 2015; Шамро, 2015)*.

Після відбору матки бджолина сім'я виявляє її відсутність через 30–40 хвилин. Виділяють три фази реагування бджолиної сім'ї на відбирання матки. Перша стадія, коли бджоли займаються пошуком матки – розшукують її в гнізді та біля льотка упродовж п'яти-шести годин. Не знайшовши матки, у сім'ї наступає друга стадії, а саме, закладки маточників, що триває від трьох до п'яти діб. Після появи маточників наступає відносний спокій, характерний зменшенням стану збудженості сім'ї – третя фаза. Тому рамку із щепленими личинками на виховання найкраще давати сім'ї-вихователькі на другу добу після відбору матки. Якщо ж дати личинок раніше, наприклад, через 1,5–3 години, то бджоли приймуть значно менше личинок, якщо запізнитися, то сім'я закладе значну частину маточників із своїх личинок, а на виховання прийме надто малу їх кількість. Рамку з личинками найкраще ставити в гнізді сім'ї-вихователькі там, де ця рамка з одного боку межувала б зі стільником із запечатаним розплодом, а з іншого з відкритим (*Virgiliou et al,, 2019; Міщенко та ін., 2021;*

Abou-Shaara and Al-Ghamdi, 2024; Rivera-Marchand and Guzmán-Novoa, 2025, Gedeon, 2023; Naug et al., 2024).

У сім'ї-вихователь бджоли швидше і більшу кількість личинок приймають у першій половині дня коли вони активні. Найбільша кількість ферментів у глоткових залозах годувальниць, необхідних для виробництва маточного молочка, спостерігається саме у ранкові години, що пояснює вищу прийнятність личинок у цей час. З відбором матки визначають місце постановки рамки з щепленими личинками. Між стільниками гнізда залишають вільний простір, або як його ще називають, колодязь, куди згодом, не турбуючи сім'ю, наскільки можна, розміщують рамку з личинками. Формування вуликового «коридору» навколо рамки з маточниками покращує циркуляцію повітря, доступ бджіл до мисочок і зменшує ризик пошкодження личинок під час догляду. Центральна частина гнізда, де зосереджені молоді бджоли**,** є найбільш придатною зоною для розміщення рамки з личинками. Саме тут найактивніше продукується маточне молочко (*Chakrabarti and Basu, 2023; Ozbakir*, 2021).

Максимальна кількість маточного молочка синтезується бджолами навколо личинок віком 3–3,5 доби. Але вже перед запечатуванням маточників з личинками кількість його незначна, оскільки личинки ростуть і споживають багато молочка. Через це технологією одержання молочка передбачається вилучення маточників через 3–3,5 доби. Пік секреції маточного молочка припадає на період 72–84 годин після вилуплення личинки, адже в цей період годувальниці максимально активні, а личинки мають найвищу потребу в поживних речовинах. (*Видрик, 2010; Khan et al, 2021; Hung et al., 2024; Khezri and Ghanbari, 2023; Ali and Al-Ghamdi, 2022; Slater and Winston, 2020*).

Під час одержання маточного молочка за умов неповного осиротіння після постановки рамок з личинками до гнізда сім'ї-вихователь, впродовж доби її не турбують, а лише дають корм у вигляді цукрового сиропу у верхні годівниці. Періодично до гнізда ставлять порожні стільники для відкладання маткою яєць, переносячи рамку з відкритим розплодом до відділення без матки. За такої технології бджоли тривалий час можуть синтезувати маточне молочко, оскільки перестановкою рамок забезпечується відновлення складу годувальниць та нормальна функція тимчасово ізольованої матки. Упродовж двох місяців виробництва молочка від однієї сім'ї одержують 400–500 г цінної продукції. В умовах тривалого теплого літа така технологія ефективна за виробництва молочка для товарних цілей.

Спосіб повного осиротіння обмежений часом і тому сім'ю-вихователь доцільно використовувати впродовж трьох тижнів. Сім'ю формують таким чином, що матку забирають, а гніздо скорочують настільки, щоб бджоли щільно обсідали стільники. Через 3 дні регулярно відбирають маточне молочко та повторно дають бджолам личинки на виховання. Кожні 7 днів вихователь підсилюють закритим розплодом із резервних сімей (*Rangel et al, 2013; Ali and Al-Ghamdi, 2022; Khezri and Ghanbari, 2023*). У праці *Peng et al. (2024)* зазначено, що фізіологічний стан бджіл-сиріт оптимальний для продукування маточного молочка лише впродовж 15–21 діб, після чого мотивація до виховання личинок знижується, як і кількість секреції. Дослідження *Khan et al. (2021),* які показали, що бджоли після втрати матки впродовж перших трьох діб знаходяться у високій біологічній готовності приймати личинок. За даними *Slater and Winston (2020),* регулярний цикл «щеплення-відбір» дає змогу досягати стабільного добового виходу продукції за умови наявності сильної сім'ї.

Технологія отримання маточного молочка від сімей, які утримуються у корпусних вуликах, майже така ж, як і у вуликах-лежаках, за винятком формування гнізда. Технології отримання маточного молочка у корпусних вуликах і вуликах-лежаках мають спільну основу, однак форма та організація гнізда є ключовою відмінністю, яка впливає на практичну реалізацію процесу. Розуміння цих особливостей допомагає оптимізувати роботу пасіки залежно від типу вулика. За допомогою горизонтальної роздільної решітки його ділять на дві частини. Матка в ході одержання молочка утримується у нижньому корпусі з 1–2 стільниками меду і перги та порожніми стільниками для відкладання яєць маткою і обов'язково одним стільником з відкритим розплодом. В ході медозбору, до вільного простору вулика ставлять

порожні стільниками. У верхньому корпусі, над перегородкою, між стільниками з відкритим розплодом ставлять рамку з личинками, стільниками із закритим розплодом та медово-пергові стільники. Льотки кожного корпусу відкривають у протилежні сторони. Кожні 13–15 днів корпуси вулика міняють місцями, але бджолина матка завжди має бути у нижньому корпусі. Тривале використання бджіл сімей-вихователькок при отриманні молочка повинно забезпечуватись поповненням їх молодими бджолами. (*Kanelis et al, 2019; Ali et al., 2022; Khan et al, 2021; Peng et al., 2024; Slater and Winston, 2020, Khezri and Ghanbari, 2023*).

Продукування бджолами молочка впродовж двох місяців поступово знижується до рівня 100–120 мг, тоді як упродовж перших 20 днів виробництва маса молочка у маточнику становила 200–250 мг. Доведено, що маса маточного молочка стає меншою не лише через зменшення числа прийнятих бджолами на виховання личинок, а й через недостатнє забезпечення бджолиної сім'ї кормами. Також зниження продуктивності сімей-вихователькок спричинене порушенням співвідношення вікових груп бджіл, які підтримують життєві процеси сім'ї у звичайному робочому стані. Поки відновиться біологічний стан сім'ї, бджолам доводиться виконувати зайву роботу, яка їх перевантажує. У сім'ях, в яких відсутні льотні бджоли на певний час спиняється, або зменшується до мінімуму заготівля свіжого корму у вигляді нектару та обніжжя, що є головною умовою синтезу маточного молочка. Саме ці біологічні особливості бджолиної сім'ї змушують пасічника до періодичної постановки у сім'ї-вихователькки за умов повного осиротіння рамок із закритим розплодом, що забезпечує відновлення співвідношення між віковими групами бджіл. Зниження продуктивності маточного молочка є комплексним процесом, пов'язаним як із фізіологічними змінами в сім'ї, так і із зовнішніми чинниками, такими як кормова база. Забезпечення належного годування сімей є ключовим для підтримки стабільного виробництва маточного молочка. (*Ali and Al-Ghamdi, 2022; Pestovsky and Martínez–Antonio, 2017; Міщенко та ін., 2021; Slater and Winston, 2020*).

Обговорюючи фізіологічні процеси способу неповного осиротіння, під час якого бджоли також ефективно доглядають за личинками, можна допустити, що бджолину матку відчуває лише частина льотних бджіл. Здебільшого, ці бджоли у таких умовах не сприймають ефекту присутності матки за перегородкою і інтенсивно синтезують маточне молочко для годівлі личинок. Відмінності чутливості присутності бджолиної матки у льотних і молодих бджіл пов'язані з віковими і функціональними змінами в організмі бджіл. Лише частина льотних бджіл може безпосередньо «відчувати» або сприймати присутність матки через феромонні сигнали, як зазначають *Liu and Smith (2022).* Інші бджоли можуть перебувати у зоні, де ці сигнали не надходять у повній мірі, що дає змогу поєднувати догляд за личинками із контрольованою маточністю. Спосіб неповного осиротіння ефективний через збереження часткової присутності матки, що підтримує соціальну організацію сім'ї та оптимальний догляд за личинками. Водночас, лише частина льотних бджіл безпосередньо взаємодіє з маткою, що створює сприятливі умови для виробництва маточного молочка та підтримки продуктивності сім'ї (*Brindza and Brovarskyi, 2013; Zhao et al., 2023*).

Ще одним із суттєвих етапів виробництва молочка незалежно від обраного прийому вважається вибір інтервалу часу від щеплення личинок і до відбирання молочка. Зважаючи на дані проведених досліджень встановлено, що найбільш суттєвим інтервалом часу від щеплення личинок і до відбирання молочка виявився час 72–80 годин. Встановлено, якщо через 1 добу після щеплення личинок кількість молочка в мисочці склало 35,4±5,1 мг, то через 2 доби – 93±9,4 мг, через 3 доби – 265±10,6 мг. У подальшому зростання синтезованого бджолами маточного молочка відносно зменшується в порівнянні зі збільшенням маси личинки. Інтервал 72–80 год від щеплення личинок до відбирання маточного молочка є найбільш оптимальним, що підтверджується останніми дослідженнями. Це дає змогу забезпечити максимальну кількість і якість молочка, а також сприяє ефективній роботі сімей-вихователькок (*Головецький та ін., 2010; Міщенко та ін., 2020; Rangel et al, 2013; Al-Ghamdi, 2022; Khan et al., 2021; Peng et al., 2024; Zhao et al., 2023*).

2.2.1. ***Обґрунтування особливостей прийому на виховання личинок залежно від продукування маточного молочка бджолами української степової та карпатської порід.*** Головною умовою одержання маточного молочка є біотехнологічний прийом формування бджолиних сімей-вихователь ок. Здебільшого, повноцінні вихователь ки мають безліч бджіл-годувальниць з розвиненими кормовими залозами, що синтезують маточне молочко. Сім'я-вихователь ка повинна бути здоровою, сильною, мати 8–10 кг вуглеводного корму, 2–3 рамки перги та вирізнятись схильністю до посиленого вирощування розплоду.

Потрібно з'ясувати, як під час організації робіт з одержання маточного молочка зміна підходів щодо прийомів формування сімей-вихователь ок впливає на число прийнятих бджолиних личинок і надалі, на синтез маточного молочка.

Одержання маточного молочка ґрунтувалось на технологічному процесі штучного виведення бджолиних маток, який переривається через 72 години після щеплення личинок. Сім'ї-вихователь ки для виробництва молочка формували способом неповного і повного осиротіння.

У такому випадку, бджолині сім'ї-вихователь ки ділили навпіл суцільною перегородкою, в яку був вмонтований блок із гратів ганеманівської решітки площею 120 квадратних сантиметрів, який обмежував матки. Зазначена площа і її розташування внизу діафрагми, підібрані нами експериментально і, таким чином, для сім'ї створювались біологічні умови імітації відсутності матки в сім'ї. Для роботи бджолам-збиральницям нектару й обніжжя залишали відкритим льоток лише у тому відсіку вулика, де знаходилася бджолина матка.

У сформовану за перегородкою сім'ю-вихователь ку в завчасно підготовлені «колодязі» (порожні місця між рамками з різновіковим розплодом і рамками без розплоду), послідовно ставили дві прищеплювальні рамки. На прищеплювальні рамки з 3 повздовжніми планками за допомогою розтопленого воску наклеювали 60 штучних воскових мисочок на відстані 2,5–3 см одна від одної. Перед прищепленням личинок, рамку з пустим мисочками ставили до гнізда сім'ї-вихователь ки, щоб бджоли очистили і освоїли їх. В підготовлену таким чином рамку шпателем переносили бджолині личинки віком не старше 24 год.

Для отримання личинок попередньо проводили ревізію кількох бджолиних сімей. Визначали, в якій з них є розплід відповідного віку. Щеплення личинок проводили в умовах лабораторії за температури повітря 25–28°С та відносної його вологості 80–90 %. Після щеплення личинок, рамки з ними переносили до сім'ї-вихователь ки. Через день після щеплення перевіряли прийняття личинок, а через 72 години прищеплювальні рамки забирали, а на їхнє місце ставили інші. З відібраних прищеплювальних рамок з маточним молочком в маточниках змітали бджіл, ставили їх у переносний ящик та транспортували в приміщення лабораторії, де гарячим ножем зрізали верхівки маточників майже над рівнем маточного молочка і шпателем видаляли з них личинок.

Для відбору бджолиного маточного молочка з маточників використовували особливі скляні лопатки. В ході досліду, закритий і відкритий розплід брали з відсіку з бджолиною маткою і переносили у відділ отримання маточного молочка. На місце забраних рамок ставили відбудовані стільники і стільники зі штучною вощиною. Тривалість дослідного періоду становив 34 доби, під час якого проведено 6 циклів відбору бджолиного маточного молочка. Всього було прищеплено 720 личинок віком 24 год.

Крім того, маточне молочко отримували не лише з перенесенням шпателем личинок у воскові мисочки, а також із застосуванням пластмасових стільників «Никот». З кожної сім'ї під час планового відбору проводили зважування десяти маточників з молочком згідно з прийнятим методикам.

Аналізуючи біологічний механізм способу неповного осиротіння, за якого бджоли приймають на виховання личинок і тим самим синтезують маточне молочко, можна припустити, що присутність бджолиної матки відчуває тільки частина бджіл, а саме льотних, тому що саме вони проникають крізь ділянку діафрагми з вмонтованим блоком ганеманівської решітки і забезпечують нектаром та білковим кормом бджолину сім'ю. Інша частина бджіл – це бджоли-годувальниці, не маючи доступу за діафрагму, де працює матка, відчувають її

відсутність і інтенсивно вигодовують личинок на прищепних рамках, синтезуючи маточне молочко.

Під час отримання маточного молочка способом повного осиротіння у бджолиних сімей ми відбирали маток. Водночас попередньо з сім'ї ми забирали матку і формували відводок. У бджолиній сім'ї залишалась достатня кількість молодої льотної бджоли та різновікового розплоду. Зверху над гніздом, де бджоли мали годувати щеплені личинки і синтезувати маточне молочко, встановлювали годівницю. Маточне молочко з мисочок відбирали через 3 дні, використовуючи за цього триденний цикл, коли молочко відбирали 5 разів, але не більше, щоб не допустити появі у сім'ї-вихователькі бджіл-трутівок або 10 разів на місяць залежно від умов досліду.

Впродовж усього періоду проведення досліджень, за відбору з вулика щеплювальних рамок оглядали гнізда сімей-вихователькок і видаляти відбудовані свищові маточники. Період дослідження тривав з другої декади червня по першу декаду серпня. Бджоли отримували підгодівлю у вигляді канді та цукрового сиропу з бджолиним обніжжям. Бджолине обніжжя у кількості 10 % зволожували водою впродовж 8 годин, змішували з канді.

Найважливіші засади одержання маточного молочка в умовах промислового бджільництва ті ж, що і в аматорському: бджолина сім'я, яка залишилась без матки, негайно починає вирощувати нову молоду матку. Через те для виробництва маточного молочка на промислових пасіках потрібно мати покроковий план робіт, який залежить від кліматичних умов, послідовності цвітіння медоносних рослин, породи бджіл і інше.

Вплив прийомів формування сімей-вихователькок до приймання личинок на фоні неповного і повного осиротіння наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6. Приймання личинок за різних способів формування сімей-вихователькок, n=12

Показник	Повне осиротіння		Неповне осиротіння	
	відсутній розплід	різновіковий розплід	відсутній розплід	різновіковий розплід
Дано личинок, всього, шт.	600	600	600	600
Прийнято личинок, M±m, шт.	234,96±1,24	409,98±3,05*	244,80±1,01	480,00±1,64*
Cv	2,5	3,10	1,58	1,42
%	39,16	68,33	40,8	80,0
P		≤0,001		≤0,001

Примітка: *P<≤0,001.

Інформація, наведена в табл. 2.6, показує, що кращий результат приймання личинок на виховання спостерігається за формування сімей з неповним осиротінням та з великою кількістю різновікового розплоду у гніздах. За такого способу сім'ями прийнято на виховання 80 % личинок на противагу 68,33 % личинок за формування сімей без маток та з різновіковим розплодом. Отже, дані свідчать, що найбільший рівень приймання личинок спостерігається в умовах неповного осиротіння з наявністю різновікового розплоду, що значно перевищує показники інших груп. Це свідчить про те, що присутність матки або її феромонів у поєднанні з різновіковим розплодом створює оптимальні умови для приймання личинок. Водночас найнижчі показники фіксуються за повного осиротіння без розплоду — 39,16%, що демонструє негативний вплив ізольованості на здатність сімей виконувати вихователькську функцію.

Статистична значущість ($P < 0,001$) підтверджує достовірність виявлених відмінностей між групами. Ці результати мають практичне значення для формування сімей-вихователькок у технологіях штучного виведення маток: поєднання неповного осиротіння з різновіковим розплодом є найбільш ефективною методикою для підвищення продуктивності та прийняття

личинок. Рекомендовано враховувати ці параметри при організації матковивідного процесу, з урахуванням біологічних особливостей та поведінкових реакцій бджолиних сімей.

Експериментально доведено, що приймання личинок у групі бджолиних сімей за відсутності розплоду та неповному осиротінні, на відміну від повного осиротіння, збільшився на 4,17 %, а за наявності різновікового розплоду в тій же групі, приймання личинок зросло на 17,07 %. Також, у процесі проведення досліду спостерігалось розмежування відсотку прийнятих личинок бджолами упродовж періоду синтезу маточного молочка (табл. 2.7).

Таблиця 2.7. Кількість прийнятих личинок

Кількість щеплень	Передано личинок, шт., осиротіння:		Прийнято личинок, осиротіння:			
			шт.		%	
	повне	неповне	повне	неповне	повне	неповне
1	120	120	66,0 ± 2,58	58,8 ± 2,07	55,1	49,4
2	120	120	86,4 ± 3,93	81,6 ± 2,88 *	72,3	68,2
3	120	120	75,6 ± 2,65 *	75,6 ± 2,67	63,5	63,1
4	120	120	73,2 ± 2,57	64,8 ± 2,29	61,3	54,4
5	120	120	68,4 ± 2,41	55,2 ± 1,97	57,1	46,4
6	–	120	–	37,2 ± 1,32	–	31,2
7	–	120	–	26,4 ± 0,94	55,1	22,3

Примітка: *$P<0,05$.

Аналіз даних таблиці 2.7 показав, що відбувається послідовне динамічне зменшення приймання личинок групами сімей-вихователькок з кожним наступним циклом відбирання маточного молочка. Максимальне приймання личинок – 72,3 % за повного осиротіння та 68,2 % за неповного осиротіння становило під час другого циклу відбирання маточного молочка та відповідно 75,6 % під час третього циклу.

Кількість маточного молочка у мисочках упродовж досліду змінювалась. Максимальну кількість маточного молочка синтезували бджоли як за повного так і неповного осиротіння від першого до третього циклів відбирання (табл. 2.8).

Варто зазначити, що починаючи з четвертого відбирання, маса маточного молочка в маточниках зменшувалась і до кінця досліду була на рівні 151 мг молочка за повного осиротіння та 185 мг – за неповного осиротіння.

Максимальну масу маточного молочка в маточниках під час формування сімей-вихователькок з неповним та повним осиротінням отримано в період між першим та четвертим відбиранням. Максимальний показник кількості маточного молочка у маточниках, 264 мг, становив під час другого щеплення за повного осиротіння та третього щеплення, 303 мг, за неповного осиротіння ($p<0,05$).

Таблиця 2.8. Динаміка синтезу маточного молочка протягом періоду відбирання

Цикли відбирання маточного молочка	Маса маточного молочка в одному маточнику, мг				Різниця, %
	повне осиротіння, контроль		неповне осиротіння		
	M±m	lim	M±m	lim	
1	225 ± 0,028	135–287	240 ± 0,031	144–285	6,7
2	264 ± 0,025 *	158–297	298 ± 0,019	178–241	12,9
3	260 ± 0,035	154–261	303 ± 0,009 *	178–242	16,5
4	243 ± 5,3	142–244	280 ± 0,365	166–225	15,2
5	188 ± 4,2	107–146	250 ± 9,3	149–185	32,9
6	165 ± 3,9	95–128	198 ± 4,4	118–139	20,0
7	151 ± 4,2	85–115	185 ± 8,8	111–132	24,0

Примітка: *$P<0,05$.

У процесі синтезу маточного молочка чітко прослідковується перевага умов неповного осиротіння, за яких продуктивність бджіл стабільно вища, ніж при повному осиротінні. Найяскравіше ця тенденція проявляється в 3-му циклі, де маса молочка у маточнику сягає 303 мг, тоді як у контрольній групі — лише 260 мг, що на 16,5% менше. Показники поступово знижуються до 7-го циклу, проте зберігають перевагу у варіанті з неповним осиротінням, де навіть на завершальному етапі спостерігається 24% переваги. Статистично значущі різниці (*P<0,05) підтверджують достовірність ефекту в окремих циклах.

Ці дані свідчать про те, що наявність розплоду та/або феромонального впливу матки відіграє важливу роль у збереженні та стимуляції синтезуючої активності бджіл-годувальниць. Практично це означає, що у матковивідному виробництві доцільно створювати умови неповного осиротіння для підвищення виходу маточного молочка та стабілізації його якості. Така стратегія може бути включена в інноваційні технології апітерапії та продукції продуктів бджільництва.

Отже, отримані нами результати вказують на ефективність біотехнологічного прийому створення сімей-вихователь ок з неповним осиротінням для одержання бджолиного маточного молочка (табл. 2.9).

Таблиця 2.9. Продуктивність бджолиних сімей-вихователь ок

Показник	Спосіб формування сім'ї-вихователь ки, осиротіння	
	повне (контроль)	неповне
Кількість розплоду, квадратів	109,0±2,85	115,8±3,43
Маса маточного молочка, всього від б/с/г	100,8±7,33	188,6±8,13
За одне відбирання, г,	20,15±3,04	10,5±1,24
З маточника, мг	214,2±43,1	255,7±30,2
Тривалість використання бджолиних сімей при виробництві маточного молочка, діб	15	20
Кількість відбирань маточного молочка	5	60

Навіть, якщо якнайбільшу кількість маточного молочка за один відбір було одержано від сімей з повним осиротінням – 20,15±3,04 г, то через обмеження часу використання сформованих таким способом сімей-вихователь ок тривалістю 15 днів та подальшим використанням, могло б призвести до загибелі бджолиних сімей, оскільки отримання маточного молочка ставало ризикованим. Таким чином, найбільший показник кількості отриманого маточного молочка від однієї бджолиної сім'ї було визначено під час формування сім'ї-вихователь ки з неповним осиротінням – 188,3±8,13 г. Однак у цьому випадку бджоли синтезували маточне молочко близько двох місяців.

Одним з відповідальних чинників у технології отримання маточного молочка, незалежно від обраного біотехнологічного прийому, є вибір найкращого проміжку часу між початком годівлі щеплених личинок і відбиранням молочка з маточників (табл. 2.10).

Таблиця 2.10. Динаміка синтезу маточного молочка (M±m, n=12)

Вік личинки в маточній мисочці, діб	Маса маточного молочка в маточній мисочці, мг	Маса личинки, мг
1	27,5±3,8	0,8±0,02
1,5	185±5,6	1±0,12
2	245±11,3	4±0,64
2,5	288±5,7	19±5,53
3	283±12,7	25±3,75
3,5	174±13,1	211±2,86
4	160±8,0	302±4,65

Виходячи з проведених досліджень нами встановлено, що найбільш оптимальним інтервалом часу в процесі щеплення личинок і відбирання маточного молочка виявився час 48–72 години після прийому личинок і початком їхньої годівлі. Якщо через одну добу після щеплення личинок, кількість молочка в маточнику становила 27,5 ± 3,8 мг, через дві доби – 245,4 ± 11,3 мг, то через три доби уже 284,1 ± 12,7 мг. Надалі кількість молочка в маточниках стає відносно меншою в порівнянні масою личинок. Максимальний запас маточного молочка спостерігається біля личинок 3 денного віку. Перед запечатуванням маточників кількість його помітно зменшується, так як зростає маса личинок і споживання ними молочка.

Встановлено, що відбирання маточного молочка з маточників варто проводити не пізніше ніж через 72 години після щеплення личинок, оскільки в цей проміжок часу кількість молочка в маточнику досягає максимуму. Як більш раннє, так і більш пізнє відбирання недоцільне, так як маса молочка в маточнику в ці терміни не досягає максимального значення.

2.2.2. *Вплив підтримуючого та інтенсивного медозбору на кількість прийнятих личинок сім'ями-вихователькими, синтез маточного молочка та стан бджолиних сімей.*

Медоносна бджола *(Apis mellifera* L.*)* вважається найбільш розповсюдженим представником роду *Apis*, що існує на території України. Багатогранність ландшафтів і природно-кліматичних умов надає широкі перспективи для її розмноження та утримання. Неабияке значення для організації безмежного ареалу медоносних бджіл посідає адаптивний потенціал виду, що дає дозвіл жити в місцевостях, яким властива висока мінливість кліматичних умов і використання бджолами медозбору.

В умовах медоносної рослинності Київської області допустиме посилене використання існуючої біологічної здатності бджолиних сімей не тільки за виробництва меду і воску, а й отриманні додаткових продуктів бджільництва, до яких відноситься і маточне молочко. У ході проведення досліджень застосований спосіб застосування бджолиних сімей для виробництва маточного молочка під час заготівлі бджолами нектару і квіткового пилку в умовах порівняно незначного підтримуючого та інтенсивного медозборів.

Погодні умови, особливо температура повітря та опади, суттєво вплинули на показники контрольного вулика упродовж наших досліджень. Це помітно з графіка в період підтримуючого медозбору з кінця травня до 17 червня, так і впродовж інтенсивного медозбору з 18 червня до 5 липня, рис. 2.8.

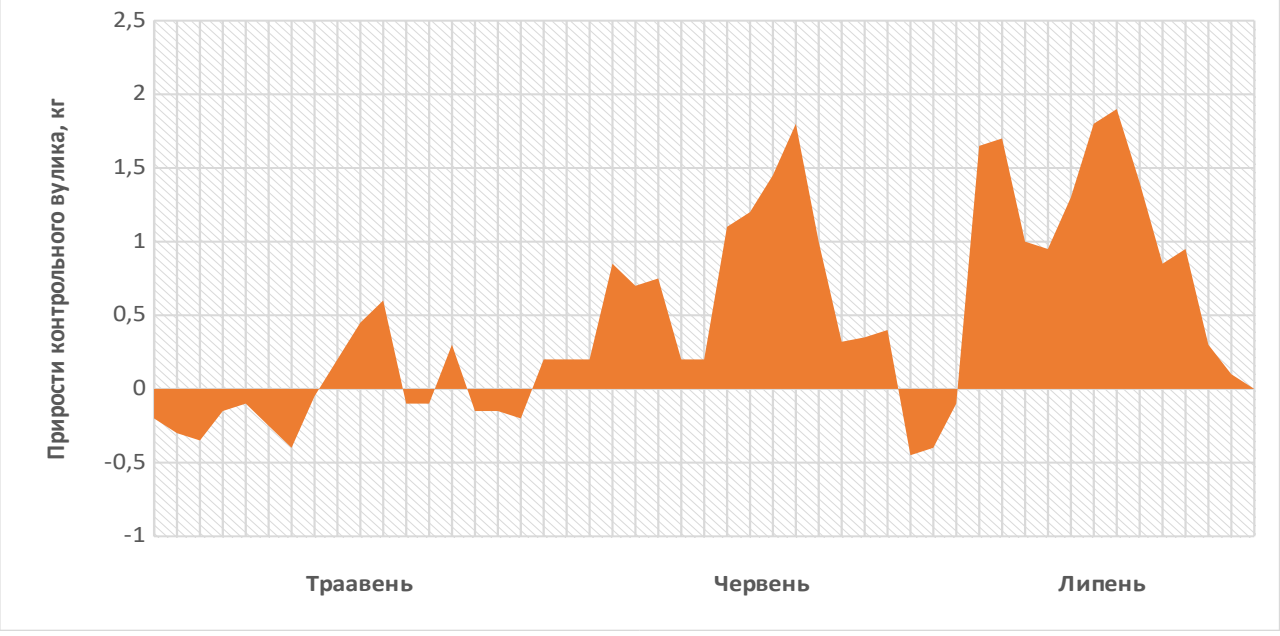


Рисунок 2.8. Показники контрольного вулика в період інтенсивного та підтримуючого медозборів

Зниження показників контрольного вулика спостерігалось в дощову погоду та зниженні температури повітря. Розгляд графіка показників контрольного вулика упродовж підтримуючого та головного медозборів різні у своєму прояві.

Максимальна величина принесеного нектару спостерігалася 23 червня та становила 1,85 кг. В інші періоди надходження нектару коливалися від 0,08 кг до 1,460 кг, а з 25 липня почало зменшуватися і припинилось.

Для отримання маточного молочка створювали сім'ї-вихователькі способом неповного осиротіння, де матку і різновіковий розплід у вигляді відводку відділяли у вулику роздільною решіткою. Одержували личинок із стільників, які зарані були поставлені до однорамкового ізолятора з маткою. Сім'ї-вихователькі забезпечували вдосталь медом та пергою, скорочували гнізда і формували з гніздових рамок «колодязі» для рамок з щепленими личинками. За добу до перенесення рамок з личинками на виховання, штучні воскові та пластмасові мисочки поміщали до гнізда для сприйняття бджолами.

У кімнаті з дотриманням режимів мікроклімату бджолиного гнізда, проводили щеплення 3 добових личинок в мисочки. Маточне молочко з маточників відбирали скляною ложечкою. Для забезпечення постійного одержання маточного молочка, застосували прийом щеплення личинок та передачу їх на виховання з інтервалом 72 год. Водночас, через кожні 4–6 діб стільники з відкритим розплодом і відводку з маткою переставляли до рамок з маточними личинками. Запечатаний розплід, навпаки, віддавали до відділення з маткою.

Узагальнені середні дані динаміки приймання личинок бджолиними сім'ями за два періоди досліду показують, що максимальну кількість личинок в умовах підтримуючого медозбору було прийнято сім'ями карпатської породи – 51,4±5,53, української степової породи – 45,1±3,10. Бджолині сім'ї-вихователькі карпатської породи прийняли на виховання більшу кількість личинок (середнє значення), ніж сім'ї української породи, перевищили їх на 13,2 %, але різниця виявилася недостовірною (табл. 2.11).

Таблиця 2.11. Число личинок, прийнятих бджолиними сім'ями-вихователькими за неповного осиротіння, шт., n=5, M±m

Дати прищеплення личинок	Порода бджіл					
	Українська			Карпатська		
	M±m	lim	Cv,%	M±m	lim	Cv,%
Підтримуючий медозбір						
31.05	39,7±2,54	28–42	14,5	40,7±5,42*	33–47	21,1
03.06	43,8±3,12	35–48	10,1	50,6±5,53*	39–56	23,5
06.06	46,2±3,10	30–54	42,2	44,9±3,04	30–51	27,4
09.06	44,3±2,04	36–55	28,7	50,4±4,88*	43–55	24,2
12.06	43,5±2,47	41–52	9,5	46,7±2,78	25–51	8,2
15.06	41,7±1,72	35–46	15,8	45,5±3,11	36–48	7,1
Інтенсивний медозбір						
17.06	38,8±5,06	24–43	13,9	40,9±2,75	27–45	13,8
20.06	41,7±3,08	37–56	16,3	54,8±2,18	38–57	12,5
23.06	42,9±2,23	35–53	12,7	48,9±5,87	35–54	36,5
26.06	40,8±2,45	32–47	18,5	43,7±1,67	36–50	15,7
29.06	40,7±2,43	21–44	17,8	40,6±2,06	30–52	11,4
02.07	39,8±1,57	26–45	11,3	45,9±2,18	37–55	14,4

Примітка: *P≤0,01; P≤0,05 в порівнянні з групою бджіл української степової породи*

Встановлено, що приймання личинок за застосування біотехнологічного прийому формування вихователькі способом неповного осиротіння під час підтримуючого медозбору 0,08–0,75 кг нектару за добу, становило 43,1 личинок у сім'ях української степової породи і 45,5 личинок у сім'ях карпатської породи.

Аналіз табл. 2.11 показує стабільні показники приймання личинок як у підтримуючий, так і в інтенсивний періоди медозбору, з невеликим підвищенням активності у другій половині червня – особливо у карпатської породи. Максимальна середня кількість прийнятих личинок спостерігається 20.06 та 29.06, де показники сягають понад 54 шт. у карпатської породи, що перевищує українську на 10–15%. Це може свідчити про породну особливість реакції на медозбір – карпатські сім'ї демонструють більшу продуктивність у сприятливих трофічних умовах. Рівень коефіцієнта варіації (Cv%) залишається в межах прийнятної стабільності (10–21%), що підтверджує однорідність поведінкових реакцій бджолиних сімей.

У підтримуючий медозбір середня кількість прийнятих личинок коливається між 39–44 шт., без різких стрибків, що дає змогу прогнозувати стабільність процесу щеплення в цей період. Водночас дані щодо карпатської породи демонструють вищу варіабельність (Cv до 21,1%), що може слугувати основою для коригування інтервалів щеплення з урахуванням адаптивності конкретних сімей. З огляду на статистичні параметри, рекомендовано використовувати період 20–29 червня як оптимальний для інтенсивного матковивідного процесу, особливо для карпатської породи, яка виявляє максимальний біологічний потенціал. Такий аналіз дозволяє диференційовано підходити до організації сімей-вихователь ок, забезпечуючи біоадаптивність та технологічну ефективність виробничих циклів.

За інтенсивного медозбору, під час надходження 0,32–1,8 кг нектару за добу, приймання личинок в сім'ях-вихователь ках карпатської породи становило 45,6 личинки, а сім'ях української степової породи дещо менше, 40,3 личинок.

В умовах виробничої перевірки одержані результати впливу підтримуючого та інтенсивного медозборів на продукування бджолами маточного молочка (рис. 2.9).

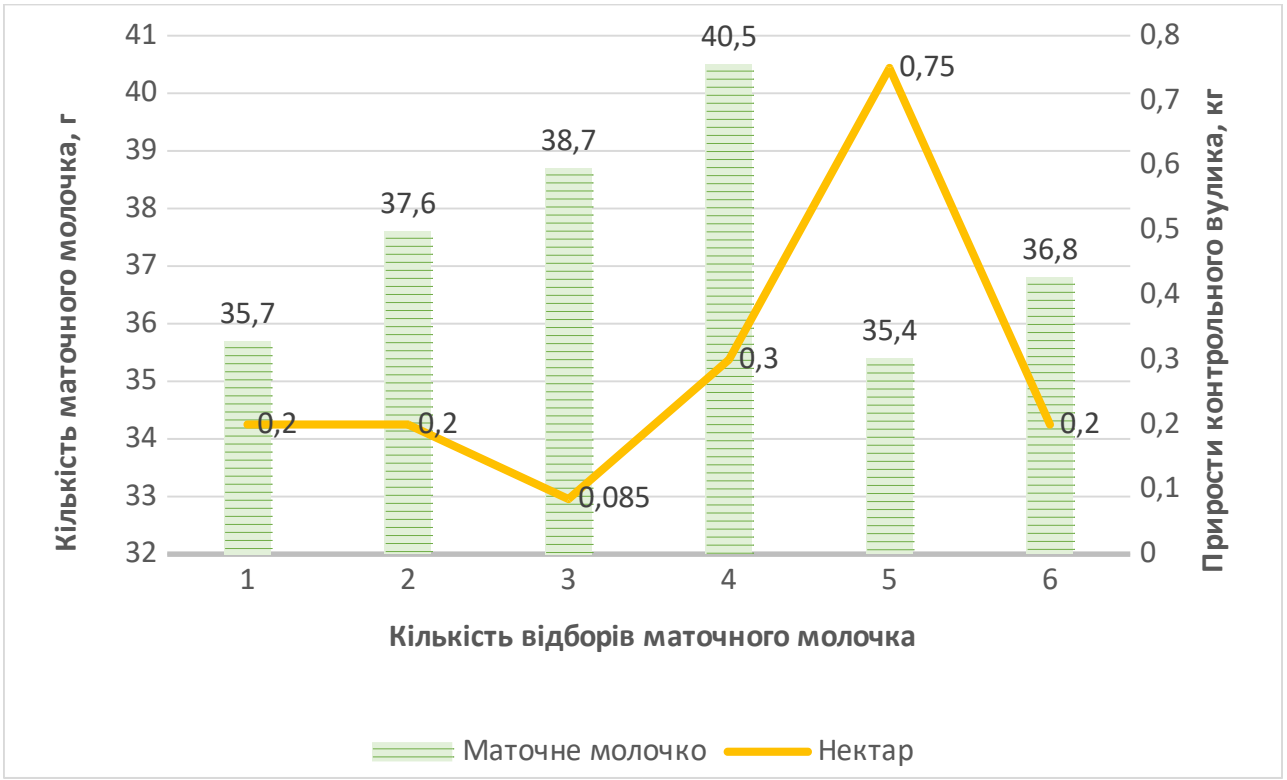


Рисунок 2.9. Синтез маточного молочка бджолами української степової породи за умов підтримуючого медозбору, г, n=10

Маса одержаного молочка в групах упродовж досліду, з кінця травня до 5 липня, відрізнялась з незначною різницею. Одержані результати свідчать, що в умовах підтримуючого медозбору від сім'ї-вихователь ки української степової породи, в середньому, одержано 37,5±2,71 г маточного молочка, а від сім'ї карпатської породи – 35,4±1,02.

Дещо інші показники спостерігались під час інтенсивного медозбору. В цілому, від бджолиних сімей-вихователь ок української степової породи одержано 34,0±1,01 г маточного молочка, а від сімей карпатської породи 28,3±2,71 г (рис. 2.10).

Рисунок 2.10. Синтез маточного молочка бджолами карпатської породи за умов підтримуючого медозбору, г, n=5.

Максимальну кількість бджолиного маточного молочка в одному маточнику визначено в період підтримуючого медозбору. За інтенсивного медозбору, з принесенням в гніздо нектару від 1–1,5 кг і більше, бджоли мобілізувалися на заготівлю вуглеводного корму і відмічене достовірне зниження продукування маточного молочка (p≤0,001) (табл. 2.12).

Таблиця 2.12. Динаміка маси маточного молочка в маточниках в умовах різних типів медозборів, мг

Типи медозбору	n	Маса маточного молочка в маточнику, мг					
		M±m	min	max	M±m	min	max
Підтримуючий (31 травня – 17 червня)	20	0,245±0,02	0,170	0,238	0,260±0,02	0,164	0,244
Інтенсивний (18 червня – 5 липня)	25	0,230±0,01	0,175	0,218	0,248±0,01***	0,115	0,230

Примітка: *** – *P≤0,001*.

Така особливість бджолиної сім'ї пояснює зменшення відкладання молочка до маточників та низькою кількістю прийнятих личинок. Аналіз даних вказує на те, що різниця між групами досліджуваних сімей за рівнем наповнення маточників маточним молочком є неістотною. Поступово до кінця дослідного періоду бджоли-годувальниці знижували наповнюваність маточників. Маса маточного молочка за період відбирання у сімей української степової породи становила 0,237 г, а в групі сімей карпатської породи – 0,228 г що на 3,95 % менше.

Вирішальним чинником забезпечення значної продуктивності бджолиних сімей в процесі одержання маточного молочка є їхня сила, яка залежить від яйценоскості маток впродовж всього циклу відбору маточного молочка (табл. 2.13).

Таблиця 2.13. Динаміка розплоду бджолиних сімей української степової породи, n=5

Дати заміру розплоду	Бджолиний розплід		
	M±m	lim	Cv,%
Початок досліду			
5.05	98,1±2,7	64–105	11,49
17.05	117,5±3,8*	84–152	17,81
29.05	130,7±4,1*	95–176	14,4
Кінець досліду			
3.07	112,3±5,8*	54–120	15,44
16.07	109,5±4,7*	83–116	17,22
29.07	88,3±5,02	60–98	10,05

Примітка: * – *P>0,99*.

Вартий уваги показник кількості розплоду в бджолиних сім'ях, що продукували маточне молочко. Визначено, що число печатного розплоду від початку відбору маточного молочка і до його завершення, як в групі сімей української степової породи, так і карпатської породи знижувалось (табл. 2.14), а різниця є достовірною P>0,99.

Таблиця 2.14. Динаміка розплоду бджолиних сімей карпатської породи n=5

Дати заміру розплоду	Бджолиний розплід		
	M±m	lim	Cv,%
Початок досліду			
5.05	105,6±6,7	77–114	12,34
17.05	125,5±310,2*	95–156	14,87
29.05	133,7±7,43	111–160	8,99
Кінець досліду			
3.07	118,3±9,4*	88–120	13,65
16.07	112,5±5,8*	80–114	10,03
29.07	92,1±7,1	71–100	8,51

Примітка: * – *P>0,99*.

Обидві таблиці демонструють подібну тенденцію – зменшення кількості запечатаного розплоду у період із травня по липень. Для української степової породи максимум припадає на 29.05 (130,7±4,1), тоді як для карпатської – на ту саму дату (133,7±7,43). Надалі в обох групах показники падають, досягаючи мінімуму 29.07: 88,3 у степовій та 92,1 у карпатській породі. Це зниження можна пов'язати з активним використанням личинок для відбору маточного молочка, а також з сезонним спадом яйцекладки маток у другій половині літа.

Статистично значущі різниці (P>0,99) підтверджують наявність ефекту: кількість розплоду достовірно зменшується після початку відбору маточного молочка. Це важливий факт для розрахунку оптимального часу щеплень, щоб не порушити баланс у бджолиних сім'ях. Високі коефіцієнти варіації в окремих вимірах також можуть вказувати на індивідуальні відмінності у біологічному циклі сімей різних порід. Загалом – результати підтверджують вплив матковивідного процесу на репродуктивні параметри бджіл, що слід враховувати при довготривалому плануванні виробництва маточного молочка.

Мед і бджолине обніжжя вважається для бджіл основним кормовим джерелом. Споживають його як робочі бджоли так і молоді нельотні та личинки на окремих періодах голометаморфозу. Медоносні бджоли в процесі цвітіння медоносних культур збирають нектар і перетворюють його на мед завдяки внесенню ензимів слинних залоз, в тому числі інвертази, яка розщеплює цукрозу на більш прості, а саме, глюкозу та фруктозу. Встановлено, що за вживання бджолами тільки меду, вони не будують стільників. Лише у випадку споживання на корм обніжжя від сім'ї бджіл можна отримати віск. Маса виділеного воску узгоджена

надходженню до вулика бджолиного обніжжя. Тому пропорція обніжжя/віск становить 1:0,55–1,2 за умови абсолютного забезпечення бджіл вуглеводними кормами.

Першочергово важливим складником вуглеводного живлення бджіл та умов, які здійснюють перебіг процесів метаболізму в організмі медоносних бджіл є присутність у кормі фруктози. Вона застосовується як один з головних сполучень транспортного та захисного дисахариду – гемолімфи трегалози та одержання триацилгліцеролів. Глюкоза ж є неодмінним енергетичним субстратом в синтезі гліколізу в м'язовій тканині бджіл та субстратом для синтезу глікогену. Саме глікоген рахується резервним полісахаридом, який утворюється рештками глюкози та відкладається у вигляді гранул в цитоплазмі м'язових тканин бджіл. Встановлено, що нижній показник ступеню глюкози у гемолімфі бджоли досягає 1,0 %, а зменшення її рівня до 0,6 % супроводжується зміною фізіологічних показників та припиненням локомоторного процесу в організмі бджіл.

Метою подальшого експерименту була виробнича перевірка впливу різних технологічних елементів на одержання бджолиного маточного молочка та на синтез бджолами воску. Дослід проведено на 10 бджолиних сім'ях української степової і 10 сім'ях карпатської порід. В контрольній групі сімей обох порід під час одержання маточного молочка використовували систему Nicot, у дослідних групах – застосовували спосіб перенесення личинок віком 24 год у штучні і воскові мисочки.

Враховували прийом личинок бджолиними сім'ями та кількість листів відбудованої вощини за різних технологічних елементів показано в табл. 2.15.

Таблиця 2.15. Синтез маточного молочка при різних технологічних елементах

Показник	Умови отримання маточного молочка		
	контроль	дослід, з переносом личинок	
	без переносу	пластикові мисочки	воскові мисочки
Прийнято личинок, %	72,1±6,44	30,2±5,65	53,5±6,38
Одержано маточного молочка із одного маточника, мг	269,0±27,88	196,8±20,06	214,3±25,50

Значну кількість молочка синтезують бджоли-годувальниці в мисочки без переносу личинок. У такому досліді ми отримали зростання кількості маточного молочка за застосування стільника системи Nicot. Маса молочка в одній мисочці дорівнювала, в середньому, 269,0±27,88 мг, що перевищувала масу маточного молочка в пластмасових штучних мисочках з переносом личинок на 26,4 % та у воскових мисочках з переносом личинок, в середньому, на 23,7 %.

Результати чітко демонструють, що без переносу личинок (контроль) спостерігається найвищий відсоток прийняття (72,1±6,44%) і найбільша кількість одержаного маточного молочка з одного маточника (269,0±27,88 мг). Це вказує на природну перевагу стабільного біологічного середовища та мінімального втручання. За перенесення личинок у пластикові мисочки, прийняття суттєво знижується до 30,2±5,65%, а маса молочка падає до 196,8±20,06 мг, що свідчить про можливий негативний вплив матеріалу мисочки або стрес від переносу. Воскові мисочки, натомість, демонструють кращі результати – 53,5±6,38% прийняття та 214,3±25,50 мг молочка – що робить їх більш ефективною альтернативою. Ці дані підтверджують, що матеріал мисочки та спосіб переносу істотно впливають на продуктивність сімей. Воскові мисочки в умовах переносу личинок забезпечують оптимальний компроміс між технологічною зручністю та біологічною ефективністю, а тому можуть бути рекомендовані для вдосконалення технологічних процесів у подальшому.

Встановлено переваги біотехнологічного прийому формування сімей вихователь ок з неповним осиротінням перед способом з повним осиротінням. Оптимальними параметрами способу з неповним осиротінням для підвищення синтезу маточного молочка є вік личинок – від 12 до 24 годин та терміну відбору продукту, а саме, між першим та четвертим циклом.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 2.2.

Abou-Shaara, H. F., & Al-Ghamdi, A. A. (2024). Continuous monitoring of queenless honeybee colonies using a multi-sensor system. *Journal of Insect Physiology*, *150*, 104095. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2024.104095.

Ali, H. M., & Al-Ghamdi, A. A. (2022). The effect of larval age, and wet and dry grafting, on the rearing of queen bees using the Doolittle grafting method. *Journal of Apicultural Science*, *66*(1), 45–52. https://doi.org/10.2478/jas-2022-0005.

Altaye Solomon, Meng Lifeng, Li Jianke. (2019). *Molecular insights into the enhanced performance of royal jelly secretion by a stock of honeybee (Apis mellifera ligustica) selected for increasing royal jelly production.* Apidologie. V. 50, 436–453. https://doi.org/10.1007/s13592–019–00656–1.

Amiri, E., Le, K., Melendez, C. V., Strand, M. K., Tarpy, D. R., Rueppell, O. (2020). *Response to both genetic and environmental factorsc*. Journal of Evolutionary Biology.33(4):534–543. https://doi.org/10.1111/jeb.13589.

Bogdanov, S. (2018). Beeswax: History, Uses and Production. *Swiss Bee Research Centre Publications*, 1–22.

Brindza, J., Brovarskyi, V. Pollen and bee pollen of some plant species. Kyiv: Korsunskiy vidavnichiy dim Vsesvit, 2013. Pp. 7–15.

Chakrabarti, P., & Basu, P. (2023). *Standard methods for rearing and selection of Apis mellifera queens*. Journal of Apicultural Research, 62(1), 1–12. https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2295180.

Chen, Y., Liu, Z., & Xie, D. (2020). Effects of pollen deprivation on hypopharyngeal gland development and royal jelly secretion in honey bees. *Journal of Apicultural Research*, *59*(3), 310–318. https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1714654.

Dai, P., Wang, Q., Xu, B., & Zhang, H. (2020). Variability in royal jelly yield among Apis mellifera colonies and its association with nurse bee physiology. *Journal of Apicultural Research*, *59*(4), 382–389. https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1751612.

Feng, M., Fang, Y., Han, B., & Li, J. (2019). Royal jelly: Nutritional value, functional properties, and health benefits. *Bulletin of Insectology*, *72*(2), 257–269.

Guarna, M. M., Hoover, S. E., Huxter, E., Higo, H., Moon, K.-M., Domanski, D., ... & Foster, L. J. (2016). Peptide biomarkers used for the selective breeding of a complex polygenic trait in honey bees. *Scientific Reports*, *6*, 30776. https://doi.org/10.1038/srep30776.

Kanelis D., Tananaki C., Liolios V. et al. (2015). *A suggestion for royal jelly specifications. Prijedlog globalnih standarda za matičnu mliječ*. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. V. 66(4), 275–284. https://doi.org/10.1515/aiht2015–66–2651.

Khan, K. A., Ghramh, H. A., Ahmad, Z., & El-Niweiri, M. A. A. (2021). Queen cells acceptance rate and royal jelly production in worker honey bees of two *Apis mellifera* races. *PLOS ONE*, *16*(4), e0248593. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248593.

Khezri, M., & Ghanbari, M. (2023). Post grafting time significantly influences royal jelly yield and content in honey bees. *Journal of Apicultural Research*, *62*(2), 123–130. https://doi.org/10.1080/00218839.2023.7478805.

Kohl, P. L., & Rutschmann, B. (2024). Evaluation of the viability and productivity of Apis mellifera mellifera in different environmental conditions. *Veterinary Sciences*, *11*(1), 134. https://doi.org/10.3390/vetsci11010134.

Kovalenko, I., Martynov, A., & Polupan, Y. (2020). Comparative productivity of Apis mellifera carpatica and Apis mellifera mellifera in royal jelly production. *Ukrainian Journal of Ecology*, *10*(1), 115–120.

Kozmus, P., & Gregorc, A. (2019). Factors influencing royal jelly acceptance: quality of wax, larvae age, and cup material. *Journal of Apicultural Science*, *63*(1), 101–107. https://doi.org/10.2478/jas-2019-0011.

Kribs, C. M., & Gedeon, T. D. (2023). A model of honey bee colony dynamics under seasonal and parasitic stress. *arXiv preprint arXiv:2306.13300*. https://arxiv.org/abs/2306.13300.

Kryger, P., Simonsen, V., & Jensen, A. B. (2022). Queenright colony manipulation for enhanced royal jelly production. *Apidologie*, *53*(4), 431–440. https://doi.org/10.1007/s13592-022-00987-7.

Liu, Y., & Smith, B. H. (2022). Pheromonal modulation of foraging behavior in honey bees: Effects of queen presence and absence. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *76*, Article 89. https://doi.org/10.1007/s00265-022-03123-8.

Moritz, R. F. A., Southwick, E. E., & Seeley, T. D. (2019). *Bees as Superorganisms: An Evolutionary Reality*. Springer.

National Bee Unit. (n.d.). *Rearing Queen Honeybees*. Retrieved from https://www.nationalbeeunit.com/assets/PDFs/3_Resources_for_beekeepers/Rearing_Queen_Honeybees.pdf.

Naug, D., & Yellamraju, R. (2024). Collective decision-making in eusocial insects: Regulation of reproductive hierarchies. *Current Opinion in Insect Science*, *61*, 102102. https://doi.org/10.1016/j.cois.2024.102102.

Ozbakir, G. O. (2021). Effects of rearing method on some morphological and reproductive organ characteristics of queen honey bees (Apis mellifera L.). *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 1–10. https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1876187.

Peng, Z.-W., Hung, Y.-T., & Wu, M.-C. (2024). Mechanistic exploration of royal jelly production in caged honey bees (*Apis mellifera*). *Scientific Reports*, *14*, Article 30277. https://doi.org/10.1038/s41598-024-82094-3.

Pestovsky, Y. S., Martínez–Antonio, A. (2017). *The use of nanoparticles and nanoformulations in agriculture*. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, vol. 17, issue 12, pp. 8699–8730. https://doi.org/10.1166/jnn.2017.15041.

Rangel, J., Keller, J. J., Tarpy, D. R. *(*2013). *The effects of honey bee (Apis mellifera L.) queen reproductive potential on colony growth*. Insectes Sociaux. 60, 65 – 73. https://doi.org/10.1007/s00040–012–0267–1.

Rivera-Marchand, B., & Guzmán-Novoa, E. (2025). Genetic variation in reproductive performance of honey bee queens from different populations. *bioRxiv*. https://doi.org/10.1101/2025.05.09.653176.

Slater, G. P., & Winston, M. L. (2020). Effect of queen cell numbers on royal jelly production and quality. *Journal of Apicultural Research*, *59*(3), 345–352. https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1845678.

Terenchuk, I. (2020). The quality of beeswax and its importance in queen rearing. *Ukrainian Journal of Beekeeping*, *12*(2), 45–50.

University of Arkansas Division of Agriculture**.** (2024). *Raising Quality Queen Bees* (MP518). Retrieved from https://www.uaex.uada.edu/publications/PDF/MP518.pdf.

Virgiliou, C., Kanelis, D., Pina, A., Gika, H., Tananaki, C., Zotou, A., Theodoridis, G. (2019). A targeted approach for studying the effect of sugar bee feeding on the metabolic profile of Royal Jelly. Journal of Chromatography [Internet]. [cited 2019 Dec 16]; 1616:460783. Available from: https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460783.

Walsh, E., Rangel, J. *(*2016). Local Honey Bee Queen Production and Quality. Bee World. № 93:2, 30–32. https://doi.org/10.1080/0005772X.2016.1211501.

Wang, Y., Ma, L., Zhang, X., & Li, J. (2019). Effect of queen removal on royal jelly production in Apis mellifera colonies. *Journal of Apicultural Research*, *58*(3), 317–324. https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1605238.

Yucel, B., & Duman, I. (2020). Comparative analysis of royal jelly yield from different colony manipulations. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *44*(6), 1320–1326.

Zhao, W., Wang, X., & Li, J. (2023). Effects of queen restriction on colony behavior and royal jelly production in *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, *62*(1), 45–53. https://doi.org/10.1080/00218839.2023.1188475.

Zhou, Y., Chen, M., & Li, W. (2021). Improving royal jelly yield through queen management and colony strength regulation. *Insects*, *12*(9), 823. https://doi.org/10.3390/insects12090823.

Броварський, В. Д., Бріндза, Я., Отченашко, В. В., Повозніков, М. Г., & Адамчук, Л. О. (2017). Методика дослідної справи у бджільництві. *К.: Видавничий дім «Вінніченко*.

Броварський, В. Д. (2006). Обґрунтування технології репродукції бджолиних маток: автореф. дис. д-ра с.-г. наук: 06.02.04. Київ. 38 с.

Видрик, А. В. (2010). *Нарощування молодих бджіл на зиму при підготовці сімей для виробництва маточного молочка*. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Т. 12, 2 (44). Ч. 4, 14–17.

Видрик, А. В. (2010). *Одержання маточного молочка за способу неповного осиротіння бджолиних сімей*. Збірник наукових праць ВНАУ: Сучасні проблеми селекції, розведення та гігієни тварин. № 5 (45), 11–15.

Головецький, І. І., Поліщук, В. П., Скрипник, В. В. (2010). Способи заміни та підсаджування бджолиних маток. Тернопіль: Тайп. 148 с.

Дружбяк, А. Й., Кирилів Я. І. (2010). *Сезонні особливості білкового харчування медоносних бджіл*. Науковий вісник ЛНУВМ імені С. З. Ґжицького. Т. 12. № 3(3), 43–47.

Ковальчук, Ю. М. (2020). Продуктивність вихователь ок за різних способів формування. *Пасічницький вісник*, *4*(28), 22–25.

Литвиненко, О. М., Міщенко, О. А., Омельченко, О. І. (2019). *Вплив підгодівлі на розвиток гіпофаренгіальних залоз бджіл при продукуванні маточного молочка.* Матеріали науково-практичної конференції: Бджільництво України: нове у науці та практиці: матеріали міжнар. конф. 16 травня. Київ. С. 33–35.

Міщенко, О. А., Литвиненко, О. М., Криворучко, Д. І. (2020). *Біологічні та технологічні особливості отримання бджолиного маточного молочка*. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Випуск 1 (156). С. 111–117.

Міщенко, О. А., Литвиненко, О. М., Криворучко, Д. І., Афара, К. Д. (2021). Ефективність використання вуглеводно-білкової підгодівлі для медоносних бджіл. Вісник аграрної науки. 3 (816), 39–45 https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103–05.

Міщенко, О. А., Литвиненко, О. М., Криворучко, Д. І., Афара, К. Д. (2021). *Вплив умов медозбору на продукування бджолами маточного молочка*. Вісник аграрної науки. № 4. (817), 44–50. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104–06.

Постоєнко, В. О., Боднарчук, Л. І., Бугера, С. І. (2021). *Бджільництво України*: монографія / за заг. ред. д.с.–г. н., проф. В. О. Постоєнка. К.: Ліра-К, 464 с.

Циганова, Т., Кузнецова, Л., Костюченко, М. (2007). *Продукти бджільництва*. Харчова і переробна промисловість. № 6. С. 14–15.

Шамро, М. О. (2015). *Вплив способів створення запасів корму на вирощування бджіл у період осінньої ротації їх генерацій*. Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 3, 70–74.

РОЗДІЛ 3

ПОТЕНЦІЙНІ РИЗИКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я БДЖОЛОСІМЕЙ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Олена Євтушенко
PhD з ветеринарної медицини
ТОВ «Науково-виробниче об'єднання «АПІМЕДІКУМ»
61016, пров. Дитячий, 5, м. Харків, Харківська обл., Україна
✉ *evtolena88@gmail.com*

Olena Yevtushenko
PhD in Veterinary medicine
Scientific Industrial Association «ApiMedicum» LLC
61016, Dytyachiy provulok, 5, Kharkiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-1779-0753*

Діна Лісогурська
кандидат сільськогосподарських наук
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Поліський національний університет
10002, бульвар Старий, 7, м. Житомир, Житомирська обл., Україна
✉ *lisogurskadina@gmail.com*

Dina Lisohurska
PhD in Agricultural Sciences
Associate Professor of the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture
Polissia National University
10002, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Zhytomyr Region, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-2559-6520*

Леонора Адамчук
доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник
Інститут ветеринарної медицини НААН
02000, вул. Донецька, 30, м. Київ, Україна
ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб»
07401, вул. Дмитра Янченка, 2, м. Бровари, Київська обл., Україна
✉ *leonora.adamchuk@gmail.com*

Leonora Adamchuk
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher
Institute of Veterinary Medicine, NAAS
02000, Donetska St., 30, Kyiv, Ukraine
IRI «Ukrainian Science Hub»
07401, Dmytra Yanchenko St., 2, Brovary, Kyiv Region, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0003-2015-7956*

У розділі проаналізовано сучасні дані щодо впливу потенційно небезпечних хімічних елементів на здоров'я бджіл в умовах техногенного навантаження. Встановлено, що важкі метали, пестициди та інші сполуки (селен, алюміній, барій тощо) чинять як гостру, так і хронічну токсичну дію, порушуючи когнітивні, імунні та репродуктивні функції бджіл. Статистика хімічних токсикозів в Україні свідчить про актуальність проблеми та необхідність посилення моніторингу. За результатами аналізу вмісту неорганічних елементів у меді та імаго бджіл із різних регіонів України виявлено регіональні та ботанічні особливості їх накопичення. За цього концентрації усіх досліджених неорганічних елементів у меді не перевищували встановлені гранично допустимі норми, що підтверджує відносно високий рівень безпеки продукції бджільництва для споживачів. Бджоли й продукти бджільництва рекомендовано використовувати як ефективні біоіндикатори хімічного стану агроекосистем.

The Chapter analyzes current data on the impact of potentially hazardous chemical elements on bee health under technogenic pressure. It has been established that heavy metals, pesticides, and other compounds (selenium, aluminum, barium, etc.) exert both acute and chronic toxic effects, disrupting the cognitive, immune, and reproductive functions of bees. Statistics on chemical intoxications of bees in Ukraine indicate the relevance of the problem and the need to strengthen monitoring. Based on the analysis of the content of inorganic elements in honey and adult bees from different regions of Ukraine, regional and botanical patterns of their accumulation were identified. At the same time, the concentrations of all studied inorganic elements in honey did not exceed the established maximum permissible levels, confirming a relatively high level of safety of beekeeping products for consumers. Bees and bee products are recommended to be used as effective bioindicators of the chemical state of agroecosystems.

3.1. Інтегровані підходи до управління здоров'ям бджіл

Леонора Адамчук

Бджоли *(Apis mellifera* L.*)* відіграють ключову роль у підтримці екосистем через запилення рослин, що забезпечує біорізноманіття та стабільність агроценозів. Однак у сучасних умовах техногенного навантаження, спричиненого індустріалізацією, урбанізацією та інтенсивним сільським господарством, здоров'я бджолиних сімей зазнає значного негативного впливу. Ці фактори включають хімічне забруднення, фізичні стресори та біологічні загрози, які можуть діяти як окремо, так і синергічно, погіршуючи стан бджіл та спричиняючи синдром розпаду бджолиних сімей (Colony Collapse Disorder – CCD).

Синергічний вплив стресорів, як комбінація різних стресорів може мати посилений негативний вплив на бджіл. Наприклад, одночасний вплив мікропластиків та вірусних інфекцій може призводити до вищої смертності бджіл, ніж кожен з цих факторів окремо. Такі синергічні ефекти ускладнюють діагностику та управління здоров'ям бджолосімей.

Хімічні забруднювачі включають агрохімію, переважно пестициди, антибіотики, мітциди, важкі метали.

Пестициди та агрохімікати. Використання пестицидів, особливо неонікотиноїдів, таких як тіаметоксам і клотіанідин, пов'язане з порушенням навігації, зниженням життєздатності та репродуктивної функції бджіл. Дослідження показують, що навіть сублетальні дози цих речовин можуть призводити до зменшення чисельності робочих бджіл, затримки розвитку розплоду та зниження температурного контролю у вуликах. Крім того, агрохімікати можуть впливати на якість та життєздатність маток і трутнів, знижуючи фертильність та сприяючи генетичному ослабленню бджолиних сімей і навіть популяції.

Антибіотики та мітциди. Застосування антибіотиків у бджільництві для профілактики хвороб може порушувати мікробіом кишечника бджіл, знижуючи їх імунітет та підвищуючи сприйнятливість до патогенів. Мітциди, такі як флувалінат і кумофос, використовувані для боротьби з кліщем *Varroa destructor*, можуть накопичуватися у воску та мати токсичний вплив на бджіл, особливо при тривалому застосуванні.

Важкі метали. Забруднення навколишнього середовища важкими металами, такими як кадмій, свинець і мідь, може призводити до їх накопичення в нектарі та пилку, які споживають бджоли. Це може викликати клітинні пошкодження, зниження фагоцитарної активності та порушення білкового профілю бджіл, що ослаблює їхню здатність до боротьби з інфекціями.

Фізичні стресори включають забруднення повітря, світлове, мікропластик.

Забруднення повітря. Повітряні забруднювачі, зокрема дрібні частинки (PM2.5), можуть змінювати хімічний склад квіткових ароматів, ускладнюючи бджолам знаходження джерел нектару. Крім того, ці частинки можуть впливати на навігаційні здібності бджіл, порушуючи їх здатність орієнтуватися за поляризацією світла.

Світлове забруднення. Штучне освітлення в нічний час може дезорієнтувати бджіл, порушуючи їхні циркадні ритми та знижуючи ефективність збору нектару. Це особливо актуально в міських районах, де рівень світлового забруднення високий.

Мікропластики. Нещодавні дослідження виявили наявність мікропластикових частинок у меді та пилку, зібраних бджолами. Ці частинки можуть змінювати мікробіом бджіл, підвищувати рівень оксидативного стресу та знижувати імунну відповідь, що робить бджіл більш вразливими до інших стресорів.

Біологічні загрози – це всі паразити та патогени. Кліщ *Varroa destructor* є одним з найнебезпечніших паразитів для бджіл, оскільки він не тільки виснажує бджіл, але й переносить віруси, такі як вірус деформації крил та інші. Інші патогени, включаючи бактерії та гриби, можуть викликати хвороби, що призводять до ослаблення або загибелі бджолиних сімей. Вони можуть виникати самостійно, але у більшості випадків – це продовження незаразних хвороб внаслідок порушення умов утримання, розведення чи кормозабезпечення.

Для якісного управління здоров'ям бджіл необхідно впроваджувати комплексні заходи, включаючи зменшення використання шкідливих агрохімікатів, контроль за забрудненням

навколишнього середовища та моніторинг здоров'я бджіл. Тільки через інтегровані підходи можна забезпечити стійкість бджільництва та збереження екосистемних послуг, які надають бджоли.

Основні інтегровані підходи до управління здоров'ям бджіл розглянемо нижче.

Інтегроване управління шкідниками (IPM) є екологічно обґрунтованим підходом до контролю шкідників, що поєднує різні методи для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я бджіл. Цей підхід включає моніторинг, визначення порогів шкодочинності, використання біологічних, механічних та хімічних методів контролю.

Моніторинг та оцінка здоров'я бджолиних сімей дозволяє вчасно виявляти проблеми та приймати обґрунтовані рішення щодо втручання. Використання пасток, візуальних оглядів та інших методів допомагає визначити рівень зараження шкідниками та необхідність застосування заходів контролю.

Біологічні методи контролю включають використання природних ворогів шкідників, таких як хижі кліщі або мікроорганізми, що паразитують на шкідниках. Ці методи є екологічно безпечними та сприяють зниженню використання хімічних препаратів.

Механічні та фізичні методи контролю включають використання спеціальних конструкцій вуликів, таких як сітчасті дна, що дозволяють зменшити популяцію кліщів *Varroa destructor*. Також застосовуються пастки для шкідників та інші фізичні бар'єри.

Хімічні методи контролю – це препарати, які використовуються як останній засіб, коли інші методи не дають бажаного результату. Важливо обирати препарати з низькою токсичністю для бджіл та дотримуватись рекомендацій щодо їх застосування.

Генетичні підходи. Використання генетично стійких до хвороб та шкідників локальних екотипів (порід, ліній) бджіл є ефективним методом зниження захворюваності та підвищення продуктивності пасік.

Технології точного бджільництва. Впровадження сучасних технологій, таких як системи моніторингу на основі Інтернету речей (IoT), дозволяє бджолярам отримувати реальні дані про стан вуликів, що сприяє своєчасному виявленню проблем та прийняттю обґрунтованих рішень. Системи, як-от HiveLink, моніторять температуру, вологість, вагу вулика та інші параметри.

Концепція «Єдине здоров'я» (One Health) визнає взаємозв'язок між здоров'ям людей, тварин та навколишнього середовища. Застосування цього підходу до бджільництва передбачає міждисциплінарну співпрацю для вирішення проблем, що впливають на здоров'я бджіл, включаючи використання пестицидів, зміни клімату та інші фактори.

Освіта та підвищення обізнаності бджолярів сучасним методам управління здоров'ям бджіл є ключовим фактором успішного впровадження інтегрованих підходів. Проведення семінарів, тренінгів та обмін досвідом сприяють поширенню кращих практик та підвищенню ефективності бджільництва.

Інтегровані підходи до управління здоров'ям бджіл, що поєднують екологічні, генетичні, технологічні та освітні аспекти, є ефективним шляхом до забезпечення стійкості та продуктивності бджільництва. Впровадження таких підходів сприяє зниженню захворюваності, підвищенню врожайності та збереженню біорізноманіття.

У межах цих концептуальних засад особливе значення набуває розвиток ветеринарно-санітарного супроводу пасік, формування локальних баз даних про хвороби бджіл та використання цифрових платформ для моніторингу епізоотичного стану. Застосування генетично адаптованих ліній *Apis mellifera*, поєднане з екологічно вивіреними методами профілактики та біотехнічного захисту, забезпечує не лише підвищення резистентності популяцій, але й сприяє оптимізації продуктивного потенціалу сімей.

Інтеграція освітніх програм, спрямованих на підвищення кваліфікації бджолярів у питаннях біозахисту, цифрової діагностики та управління ризиками, формує фундамент для професіоналізації галузі та її адаптації до глобальних екологічних викликів. А основою є розуміння основних потенційно небезпечних хімічних елементів для бджіл, про що далі піде мова.

3.2. Основні потенційно небезпечні хімічні елементи для бджіл

Олена Євтушенко

Бджоли, як ключові запилювачі в екосистемах, виконують важливу роль у збереженні біорізноманіття та забезпеченні продовольчої безпеки. Від їх активності залежить врожайність понад 80 % ентомофільних культур. Проте в останні десятиліття науковці у всьому світі фіксують стійку тенденцію до зменшення чисельності бджолиних сімей та вказують одну з основних причин цього явища – техногенне забруднення навколишнього середовища. Унікальна фізіологія бджіл, їх здатність до тривалих перельотів, терморегуляції та соціальної організації робить їх не лише вразливими, а й цінними біоіндикаторами якості навколишнього середовища *(Di Fiore et al., 2022)*. Через високу щільність взаємодії з рослинним середовищем, бджоли першими фіксують екологічні зрушення, зокрема забруднення ґрунтів, води та повітря *(Bonmatin et al., 2021)*.

Під дією індустріалізації, інтенсифікації сільського господарства, хімізації аграрного виробництва та інших антропогенних чинників у навколишнє середовище потрапляють токсиканти, здатні накопичуватись у рослинному пилку, нектарі, ґрунтах та воді, що і є одним з основних каналів надходження цих речовин до організму бджоли. Залежно від концентрації та хімічного складу, ці речовини можуть мати як гостру, так і хронічну токсичність *(Kim et al., 2021)*. Доведено, що в радіусі 3–5 км від пасіки бджоли збирають пилок із кількох десятків видів рослин. Це означає, що хімічні елементи, присутні у слідах у ґрунті або повітрі, врешті концентруються в продуктах бджільництва: меді, воску, перзі *(Crovadore et al., 2022)*. Таке накопичення дозволяє оцінити навіть низькорівневі, хронічні форми забруднення.

Дослідження в Україні та ЄС вказують на зростання кількості випадків так званих «незрозумілих втрат бджіл» навесні та восени, які згодом пов’язують із сублетальними отруєннями або впливом важких металів у комбінації з імуносупресивними чинниками *(Zhang et al., 2020)*. Особливу небезпеку становить комбінація декількох факторів – наприклад, присутність у нектарі залишків неонікотиноїдів одночасно з підвищеним рівнем кадмію або алюмінію у воді *(Mullin et al., 2023)*. У таких умовах навіть здорові бджолині сім’ї зазнають швидкого виснаження. Останні публікації також підкреслюють вплив мікродоз важких металів на експресію генів, відповідальних за імунітет та розпізнавання патогенів. Зокрема, вплив селену та ртуті змінює активність генів, що кодують антимікробні пептиди *(Jankovskis et al., 2020)*. Це робить бджіл більш вразливими до таких захворювань, як ноземоз, вірус DWV та американський гнилець. Пестициди, які широко застосовуються в аграрному секторі, здатні блокувати нервові рецептори бджіл, що викликає дезорієнтацію, втрату здатності до повернення у вулик і загибель на полі *(Medrzycki et al., 2019)*. Слід також зважати на кліматичні зміни та енергетичну перебудову, які сприяють довшому періоду агрохімічного навантаження на посіви. У багатьох регіонах сезони застосування пестицидів змістились і накладаються з піками обльоту бджіл. Через відсутність ефективної системи оповіщення або недотримання інструкцій з боку аграріїв, бджоли нерідко гинуть масово в період активного нектарозбору *(Antunes et al., 2020; Wauters et al., 2023)*. Негативні наслідки хімічного навантаження проявляються не лише на рівні індивідуальної бджоли. Порушується структура сім’ї: зменшується чисельність трутнів, порушується функція матки, спостерігаються труднощі з виведенням молодих бджіл. Часто це супроводжується ослабленням захисної поведінки сім’ї, підвищеною агресивністю або втратою координації у вулику *(Sgolastra et al., 2019)*.

Таким чином, потенційна загроза від токсичних хімічних елементів має комплексний характер. Вона охоплює всі рівні організації бджолосім’ї – від біохімічних змін до порушення соціальної структури та продуктивності. Така багаторівнева дія вимагає глибокого наукового аналізу та інтеграції знань із токсикології, екології, ветеринарії та агрономії. Враховуючи важливу роль бджіл у збереженні біорізноманіття, функціонуванні екосистем і сільськогосподарському виробництві, постає необхідність у створенні комплексної моделі оцінки ризиків. Така модель має враховувати специфіку регіону, типи використовуваних хімікатів, близькість джерел техногенного навантаження, характер ландшафту та видовий

склад рослинності. Розширене вивчення взаємодії між хімічними елементами, умовами середовища і фізіологією бджіл дає змогу переходити від фрагментарних спостережень до прогнозування екологічних наслідків. У перспективі – формування ефективних регламентів використання хімічних речовин, розробка альтернативних агротехнологій, створення буферних зон між пасіками та аграрними угіддями. Розуміння основних потенційно небезпечних хімічних елементів є ключовим для розробки стратегій зменшення їхнього негативного впливу на бджолосім'ї.

3.2.1 Важкі метали. Важкі метали, такі як свинець (Pb), кадмій (Cd), ртуть (Hg), миш'як (As), нікель (Ni) та хром (Cr), а також металоїди, зокрема селен (Se), є одними з найбільш токсичних елементів для бджіл. Вони можуть накопичуватися в організмах бджіл та їхніх продуктах, таких як мед, віск і бджолине обніжжя, що призводить до хронічного отруєння та зниження імунітету *(Zaric et al., 2022; Monchanin et al., 2023).*

Свинець (Pb) є одним з найпоширеніших токсичних металів у навколишньому середовищі *(Zhelyazkova and Petrova, 2024).* Дослідження показали, що свинець може бути присутнім у продуктах бджільництва в концентраціях, що перевищують 1000 мкг/кг, що становить значну загрозу для безпеки харчових продуктів *(Wu et al., 2024).*

Кадмій (Cd) є високотоксичним елементом без відомої біологічної функції *(Knoll and Cappai, 2024),* який становить значні ризики для здоров'я різних органів і накопичується в організмах. Він може впливати на нервову систему бджіл, порушуючи їхню здатність до орієнтації та збирання нектару *(Wu et al., 2024).*

Ртуть (Hg) може впливати на нервову систему бджіл *(Li et al., 2024).* Вона також може накопичуватися в організмах бджіл, призводячи до хронічного отруєння.

Миш'як (As) є канцерогеном і може призводити до зниження імунітету та підвищеної смертності бджіл *(Speck, 2024).* Він може накопичуватися в меді та пилку, що становить ризик для споживачів *(Ahmed Hussein et al., 2024).*

Нікель (Ni) та Хром (Cr) впливають на метаболічні процеси в організмі бджіл *(Wu et al., 2024),* знижуючи їхню життєздатність. Вони також можуть накопичуватися в продуктах бджільництва, що робить їх потенційними індикаторами забруднення навколишнього середовища *(Zavrtnik et al., 2024).*

Селен (Se) у високих концентраціях може бути токсичним для бджіл *(Jankovskis et al., 2020),* впливаючи на їхню здатність до збирання їжі та навігації. Він також може накопичуватися в організмах бджіл, призводячи до хронічного отруєння.

Основними джерелами забруднення важкими металами є промислові підприємства (металургійні комбінати, хімічні заводи, теплоелектростанції), сільське господарство (використання мінеральних добрив та засобів захисту рослин, що містять важкі метали), транспорт (викиди від автотранспорту), військові дії (обстріли та вибухи сприяють потраплянню металів у ґрунт, рослинність, воду).

Накопичення важких металів у бджіл призводить до: зниження когнітивних функцій: порушення навчання, пам'яті *(Monchanin et al., 2023);* зменшення тривалості життя: підвищена смертність бджіл *(Wu et al., 2024);* порушення навігації: втрата здатності знаходити шлях до вулика *(Li et al., 2024);* зниження імунітету: підвищена вразливість до хвороб *(Jankovskis et al., 2020).*

Проблема важких металів присутня в Україні та по всьому світу. Дослідження в зонах бойових дій України (Харківська, Миколаївська, Сумська, Чернігівська області) виявили підвищені концентрації кадмію, свинцю, міді, нікелю та цинку в ґрунтах, рослинах, бджолах та пилку *(Atarshchykova et al., 2024).* В Італії, де в регіоні Молізе виявили накопичення важких металів у бджолах, що підтверджує їх використання як біоіндикаторів забруднення *(Di Fiore et al., 2022).* У США виявляли присутність миш'яку, свинцю та кадмію в меді, що свідчить про забруднення навколишнього середовища *(Speck, 2024).*

Отже, проаналізовані дані підтверджують, що важкі метали становлять серйозну загрозу для здоров'я бджолосімей. Їх накопичення у тканинах бджіл і продуктах бджільництва сприяє

розвитку хронічних інтоксикацій, порушенню когнітивних функцій, зниженню імунітету та підвищеній смертності бджіл. Регіональні особливості розподілу важких металів, зокрема у зонах бойових дій в Україні, свідчать про актуальність моніторингу хімічного навантаження. Дані, отримані у дослідженнях різних країн світу демонструють глобальний характер проблеми та підтверджують доцільність використання бджіл, як біоіндикаторів стану навколишнього середовища.

3.2.2 Пестициди. Пестициди, особливо неонікотиноїди, є ще однією важливою групою хімічних речовин, що становлять безпосередню загрозу для здоров'я бджіл. Основна небезпека цих речовин полягає в їх здатності впливати на центральну нервову систему бджіл, навіть у надзвичайно низьких концентраціях, що викликає дезорієнтацію, втрату здатності повернення у вулик, зниження рівня збирання корму та врешті – колапс бджолосімей (Monchanin et al., 2023; ScienceDirect, 2024).

Імідаклоприд – один із найбільш поширених неонікотиноїдів у світі. Його гостра токсичність для бджіл дуже висока: LD_{50} становить 5-70 нг/бджолу. Виявлено, що навіть сублетальні дози імідаклоприду пригнічують навчання, змінюють структуру спілкування всередині сім'ї та зменшують здатність до пошуку корму *(Medrzycki et al., 2019; Kim et al., 2021).*

Тіаметоксам – подібний за механізмом дії до імідаклоприду, викликає порушення орієнтації, зниження активності пошуку, зміну електрофізіологічної активності мозку та підвищену летальність бджіл у польових умовах *(Bonmatin et al., 2021).*

Клотіанідин – системний інсектицид, який накопичується у пилку та нектарі рослин. Його хронічний вплив на бджіл пов'язаний зі зменшенням тривалості життя, пригніченням репродуктивної функції матки та зниженням чисельності розплоду *(Sgolastra et al., 2019).*

Фіпроніл – хоча формально не є неонікотиноїдом, проявляє сильну нейротоксичність та летальність для бджіл навіть у мікродозах. Він здатний блокувати ГАМК-рецептори, що призводить до судом, паралічу та загибелі *(Bonmatin et al., 2021).*

Лямбда-цигалотрин – синтетичний піретроїд, що широко використовується в Україні для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. Для бджіл становить небезпеку як у вигляді прямого контакту, так і через залишки на квітках. Цей інсектицид викликає порушення нервової системи, втрату орієнтації та загибель. Навіть при сублетальних дозах лямбда-цигалотрин впливає на рухову активність і змінює електрофізіологічні параметри нервової системи *(Potravinarstvo, 2023; Glavan et al., 2020).*

Тебуконазол – системний триазольний фунгіцид, що застосовується для захисту зернових, ріпаку та плодових культур. Хоча не є інсектицидом, тебуконазол може чинити синергетичний токсичний ефект у поєднанні з неонікотиноїдами. У бджіл здатен викликати порушення в обміні ліпідів та впливати на тривалість життя *(Sgolastra et al., 2019).*

Епоксиконазол – ще один триазольний фунгіцид, що застосовується в комплексному захисті сільськогосподарських культур. Дані вказують на його імуносупресивну дію в поєднанні з іншими пестицидами. У бджіл спостерігаються зміни у рівні експресії генів, пов'язаних з імунною відповіддю, особливо при одночасному впливі з клотіанідином або тіаметоксамом *(Tosi et al., 2021).*

Основними джерелами забруднення пестицидами є сільське господарство: інтенсивне використання або порушення регламентів застосування засобів захисту рослин.

В Україні щороку фіксуються випадки масової загибелі бджіл, пов'язані з порушенням технологій обробки сільськогосподарських культур. Так, були задокументовані численні отруєння, де основними речовинами виступали тіаметоксам, клотіанідин, а також лямбда-цигалотрин *(Potravinarstvo, 2023; Ecology and Noospherology, 2023).* Найчастіше порушення стосуються обприскування під час активного обльоту, відсутності оповіщення пасічників або використання заборонених препаратів. Залишки пестицидів не лише шкодять бджолам, а й потрапляють до продуктів бджільництва, що ставить під загрозу їх безпечність. Засоби захисту рослин можуть викликати: гостре отруєння (масова загибель бджіл після обробки полів);

сублетальні ефекти (порушення навігації, зниження імунітету, зміни в поведінці); хронічне отруєння та накопичення в продуктах бджільництва.

Дослідження показали, що навіть низькі концентрації пестицидів можуть мати негативний вплив на здоров'я бджіл *(ScienceDirect, 2024).* Сублетальні дози пестицидів – концентрації, які не спричиняють миттєвої загибелі, але значно змінюють поведінку бджіл. Навіть кілька нанограмів на комаху тіаметоксаму або імідаклоприду викликають зміну у здатності до навігації та в структурі соціальної взаємодії *(Kim et al., 2021; Bonmatin et al., 2021).*

Ефективна протидія пестицидному забрудненню вимагає системного підходу, який передбачає: заборону використання пестицидів під час цвітіння; оповіщення пасічників про планові обробки; створення буферних зон між полями та пасіками; контроль за обігом препаратів, заборонених у ЄС (імідаклоприд); моніторинг пестицидних залишків у продуктах бджільництва.

3.2.3 Інші хімічні елементи. Окрім загальновідомих важких металів та пестицидів, існує ряд інших хімічних елементів, які менш досліджені, але можуть мати серйозний вплив на здоров’я та поведінку бджіл. До таких належать Селен (Se), Алюміній (Al) та Барій (Ba). Їх наявність у навколишньому середовищі зазвичай пов’язана з природними джерелами або специфічними галузями промисловості.

Селен (Se) є мікроелементом, необхідним для нормального функціонування багатьох живих організмів. Проте для бджіл, як і для багатьох безхребетних, його надлишок може мати токсичну дію. Дослідження показали, що при концентраціях вище 1,5 мг/кг у кормі спостерігається зниження життєздатності личинок, порушення розвитку гіпофарингеальних залоз у робочих бджіл та зміна експресії генів, пов’язаних з антиоксидантним захистом *(Hladun et al., 2012; Jankovskis et al., 2020).* Селенові сполуки можуть також викликати дезорієнтацію бджіл і зниження пошукової активності *(Quispe et al., 2020).*

Алюміній (Al) присутній у навколишньому середовищі як результат вивітрювання гірських порід, але його концентрація різко зростає поблизу підприємств цементної, гірничодобувної та металургійної промисловості. Алюміній не має встановленої біологічної ролі для комах і є потенційно нейротоксичним. У бджіл виявлено здатність алюмінію накопичуватись у тілі, зокрема в мозку, що пов’язано з порушенням когнітивних функцій, зменшенням здатності до навчання та комунікації, а також змінами в навігаційній поведінці *(Goulson et al., 2015; Wauters et al., 2023).* Крім того, є дані про зміни в структурі «танцювальної мови» бджіл при високих рівнях алюмінію у навколишньому середовищі *(Exley et al., 2017).*

Барій (Ba) трапляється в навколишньому середовищі внаслідок використання деяких сполук у нафто- та газовидобувній промисловості, а також у виготовленні фарб, кераміки та феєрверків. Хоча він відносно рідко накопичується до високих концентрацій у ґрунтах, але може потрапляти до нектару й пилку через забруднення атмосфери або води. В експериментах на комахах виявлено, що барій впливає на скорочення м’язів, що у бджіл проявляється у вигляді зниження польотної активності та порушення терморегуляції *(Zhelyazkova & Petrova, 2024).* Так, крім важких металів, пестицидів, селену, алюмінію та барію, наукова література описує ще кілька менш вивчених, але потенційно небезпечних хімічних елементів і сполук для бджіл, таких як Церій (Ce), Титан (Ti), Уран (U), Фториди (F^-), Платиноїди (Pt, Pd, Rh).

Церій (Ce) – рідкоземельний елемент, зустрічається поблизу підприємств електроніки та металургії. Накопичення в організмі бджіл може спричиняти окислювальний стрес і пошкодження тканин. *Zhang et al., 2023* показали, що церій порушує уляцію генів, відповідальних за антиоксидантний захист.

Титан (Ti) – особливо у формі наночастинок, широко використовується в косметиці, фарбах і як добавка до кормів. Наночастинки діоксиду титану (TiO_2) можуть проникати через хітиновий покрив і впливати на поведінкові реакції та мікробіоту кишечника бджіл. *Al Naggar (2019)* виявили порушення активності ферментів детоксикації у бджіл.

Уран (U) – радіоактивний метал, може бути присутній у ґрунтах біля уранових шахт або військових полігонів. Накопичується у воску та пилку. Порушує репродуктивну функцію та гематопоез у бджіл. *Ramirez et al. (2020)* зафіксували зміни в морфології гемоцитів і зниження активності матки.

Фториди (F^-) – продукти фосфатної та алюмінієвої промисловості, мають нейротоксичну дію, викликають атрофію глоткових залоз, порушення танцювальної мови та зменшення тривалості життя. *Yakovleva et al. (2021)* вказують на зменшення вмісту білка у гемолімфі та активності бджіл у зонах високої концентрації фтору.

Платиноїди (Pt, Pd, Rh) – каталізатори автотранспорту, у великих містах, де активно використовуються автомобілі з платиновими каталізаторами, ці метали можуть накопичуватись у пилку та потенційно впливати на мікробіом бджіл. *Capolupo et al. (2022)* перше виявили родій в продуктах бджільництва в Італії.

Вищезазначені елементи часто надходять з нових або нетипових джерел техногенного забруднення, мають неочевидні, але хронічні ефекти (особливо у вигляді наночастинок або комбінованої дії) та можуть спричиняти фізіологічні, поведінкові або мікробіомні порушення у бджіл.

Викладене вище демонструє, що бджоли як біоіндикатори першими реагують на забруднення навколишнього середовища хімічними речовинами. Їхній вплив на організм бджіл проявляється як через гостру токсичність, так і через хронічні, кумулятивні ефекти. Важкі метали спричиняють ушкодження нервової, імунної та репродуктивної систем, порушують когнітивні функції та метаболічні процеси. Пестициди, зокрема неонікотиноїди, триазоли та піретроїди, у низьких дозах викликають порушення орієнтації, соціальної поведінки, імунної відповіді та зменшення життєздатності бджіл. Особливу загрозу становлять сублетальні ефекти, які не викликають миттєвої загибелі, але впливають на поведінкову і фізіологічну цілісність бджолосім'ї, посилюючи вразливість до патогенів і стресових факторів. Додаткову небезпеку створює синергічна дія хімічних агентів – комбінації, наприклад, залишків пестицидів з мікродозами важких металів, здатні викликати складні порушення в біохімічному гомеостазі бджіл. Також бджоли піддаються дії менш поширених елементів, таких як титан, церій, фториди, уран та платинові метали, які мають приховану або відтерміновану токсичну дію. Більшість із них досі недостатньо досліджені, що вимагає подальшої оцінки ризиків та інтеграції даних у національні системи моніторингу. Загалом, накопичення токсичних речовин у продуктах бджільництва несе загрозу не лише для бджіл, а й для здоров'я людей, що споживають ці продукти. Розуміння хімічного навантаження на популяції бджіл та в цілому корисної ентомофауни вимагає комплексного, мультидисциплінарного підходу, який поєднує екотоксикологію, ветеринарну медицину, агроекологію та політику охорони довкілля. Зокрема, необхідно впроваджувати: стратегії мінімізації впливу хімічних агентів (особливо під час цвітіння); системи раннього оповіщення пасічників; буферні зони між аграрними полями та пасіками; сучасні методи аналітичного контролю якості продуктів бджільництва; інтегровані моделі моніторингу токсикантів у навколишньому середовищі; регіональне зонування пасік відповідно до екологічного ризику; оновити нормативну базу щодо обігу засобів захисту рослин і добрив; стимулювати перехід на екологічно безпечні агротехнології.

Інституційна підтримка та оновлення регламентів щодо використання хімічних речовин мають стати пріоритетом для збереження функціональності екосистем, біорізноманіття та безпеки продовольчих ланцюгів. В Україні функціонує комплексна система моніторингу довкілля, яка постійно вдосконалюється відповідно до європейських стандартів та включає: Державну систему моніторингу довкілля (ДСМД), Державний аграрний реєстр (ДАР), Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, Державний реєстр паспортів пасік. Окрім цього, діють приватні платформи, такі як BeesAgro, Grand Expert та інші. Таким чином, Україна активно розвиває та вдосконалює систему моніторингу довкілля, спрямовану на забезпечення екологічної безпеки, сталого розвитку та виконання міжнародних зобов'язань у сфері охорони навколишнього середовища.

3.3. Аналіз даних щодо хімічних токсикозів бджіл

Олена Євтушенко

Хімічні токсикози бджіл – це гострі або хронічні отруєння, викликані дією токсичних речовин, що потрапляють у середовище існування бджолосімей. Ці речовини включають пестициди, важкі метали, індустріальні домішки та інші техногенні сполуки. В останнє десятиліття частота фіксації таких випадків істотно зросла, особливо в країнах із розвиненим сільським господарством, у тому числі й в Україні *(Potravinarstvo, 2023; Antunes et al., 2020).*

Особливу загрозу становлять пестициди та важкі метали, які надходять до організму бджіл із нектаром, пилком, водою або безпосередньо через контакт із забрудненими рослинами. Такі токсиканти часто мають кумулятивну дію, викликаючи не лише гостре отруєння, але й сублетальні ефекти – дезорієнтацію, порушення навігації, зниження імунітету та життєздатності *(Medrzycki et al., 2019).* В умовах бойових дій на території України ситуація ускладняється: додатковими джерелами забруднення стають вибухові речовини, важкі метали, токсичні залишки зруйнованих промислових об'єктів *(Atarshchykova et al., 2024).*

Важливу роль відіграють кліматичні зміни, а саме сприяють зміщенню термінів цвітіння культур і збільшенню числа обробок пестицидами. Це збільшує ймовірність контакту бджіл із токсичними речовинами *(Bonmatin et al., 2021).* Зміна погодних умов (спека, вітри, зливи) впливає на летючість хімічних речовин і збільшує ризик інгаляційної інтоксикації *(Di Fiore et al., 2022).*

Крім того, війна в Україні призвела до забруднення ґрунтів та рослинності важкими металами та вибуховими речовинами, що також впливає на бджіл. Вибухи, пожежі, руйнування промислових об'єктів призводять до вивільнення токсичних речовин у ґрунт і воду. Пасіки в прифронтових зонах фіксують значне зниження імунного статусу бджіл *(Atarshchykova et al., 2024).* Під час бойових дій порушується логістика доставки препаратів для лікування, обмежується можливість моніторингу отруєнь, а в зонах обстрілів гинуть бджолині сім'ї через прямий контакт із токсичними залишками у повітрі та воді.

Хімічні токсикози у бджіл характеризуються специфічними клінічними проявами, які залежать від типу токсиканту, його концентрації, способу надходження та фізіологічного стану сім'ї. Найбільш типовими симптомами є:

1. Масова загибель бджіл поблизу вулика. У випадках гострих токсикозів спостерігається скупчення мертвих бджіл перед вуликом або у полі. Загибель може сягати понад 50 % робочих особин за кілька годин після обробки посівів *(Zhang et al., 2020).*

2. Параліч, тремор, дезорієнтація. Бджоли демонструють порушення рухової активності – нестійкість на лапках, мимовільне скорочення м'язів, втрату здатності літати або повертатися до вулика. Це ознаки нейротоксичного впливу речовин, таких як неонікотиноїди або піретроїди *(Medrzycki et al., 2019).*

3. Наявність мертвого розплоду. У разі тривалого впливу токсикантів може загинути розплід. Личинки та лялечки можуть виглядати потемнілими, зморщеними або дезінтегрованими *(Monchanin et al., 2023).*

4. Зникнення матки або її аномальна поведінка. Отруєння матки проявляється у вигляді втрати яйцекладки, неадекватної агрегації бджіл навколо неї або її загибелі, що вказує на порушення репродуктивної функції сім'ї *(Sgolastra et al., 2019).*

5. Зменшення чисельності трутнів. Деякі пестициди впливають на продукування трутнів, що може призвести до репродуктивної неспроможності сім'ї *(Tosi et al., 2021).*

6. Зміни в поведінці. Сублетальні дози деяких пестицидів викликають агресивність, апатію, зниження соціальної комунікації, зміну структури танцювальної мови, відсутність реакції на подразники *(Kim et al., 2021).*

7. Наявність характерного запаху. У разі загибелі від фосфорорганічних сполук або піретроїдів тіла бджіл можуть мати різкий, специфічний запах, який утворюється внаслідок деградації токсичних речовин *(Bonmatin et al., 2021).*

Для підтвердження діагнозу токсикозу використовують польову та лабораторну діагностику, патологоанатомічні дослідження. До польової діагностики відносять візуальний огляд симптомів, опитування пасічника, аналіз календаря обробок, погодних умов, наявності пилку та нектару в природі. При проведенні хіміко-токсикологічних досліджень на наявності залишків пестицидів та важких металів у загиблих бджолах, перзі, меді, воску найчастіше застосовують методи газової та рідинної хроматографії, мас-спектрометрії, атомно-абсорбційної спектрофотометрії *(Mullin et al., 2023)*. Патологоанатомічні дослідження – виявлення морфологічних змін у тканинах, внутрішніх органах бджіл, особливо нервової системи, гіпофарингеальних залоз, глоткових м'язів *(Jankovskis et al., 2020)*.

Проблемою в Україні та світі залишається фрагментарність обліку випадків хімічних токсикозів бджіл та відсутній єдиний цифровий реєстр випадків. Більшість інцидентів фіксуються локально, без подальшого лабораторного аналізу, а звернення пасічників залишаються на рівні скарг до місцевих органів влади або в соціальних мережах. Законодавство не забезпечує достатнього контролю за дотриманням регламентів внесення агрохімікатів, а відповідальність за порушення часто відсутня або символічна *(Kundius et al., 2023)*.

3.3.1 Статистика хімічних токсикозів бджіл в Україні (2023-2024 роки). Дані Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів і захисту споживачів свідчать про щорічне зростання кількості звернень пасічників щодо масової загибелі бджіл, зокрема в період весняних і літніх обробок сільгоспугідь. У 2021 році лише в Черкаській, Полтавській та Кіровоградській областях було зафіксовано понад 300 інцидентів загибелі бджіл, значна частина яких була пов'язана із застосуванням неонікотиноїдних препаратів без дотримання регламентів *(Ecology and Noospherology, 2023)*. У 2022–2023 рр. у регіонах, постраждалих від бойових дій (Чернігівська, Харківська області), також фіксувались випадки отруєння, спричинені забрудненням ґрунтів важкими металами, що підтверджувалось лабораторними дослідженнями меду, воску та пилку *(Atarshchykova et al., 2024)*.

Згідно з офіційними даними Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів і захисту споживачів (ДПСС, 2025), упродовж 2023 року в Україні було зафіксовано 179 інцидентів масової загибелі бджолосімей, що свідчить про високу актуальність проблеми хімічних токсикозів у галузі бджільництва. Загальна кількість загиблих бджолосімей становила 1048, а ще 4583 бджолині сім'ї зазнали часткових ушкоджень внаслідок дії імовірних хімічних чинників.

Найбільшу кількість постраждалих пасік зафіксовано у Вінницькій області – 50 інцидентів, що призвело до загибелі 570 бджолосімей та часткового постраждали ще 511 бджолосімей. Значні втрати також спостерігались у Волинській області (29 пасік, 302 загиблих бджолосім'ї), Сумській області (24 пасіки, 909 частково постраждалих бджолосімей) та Чернігівській області (15 пасік, 2 загиблих бджолосім'ї та 474 частково постраждалих). Високі показники також зафіксовано у Київській, Львівській, Хмельницькій та Черкаській областях (рисунок 3.1, 3.2).

Найбільш критична ситуація 2023 року у Вінницькій області, де зафіксовано майже третину усіх випадків отруєння, вказує на тривале нехтування нормами внесення та відсутність взаємодії між представниками агросектору. Подібні дані підтверджують потребу в регіональному аналізі ризиків і обґрунтованій адаптації аграрних практик до екологічних вимог.

Наявність сотень частково постраждалих бджолосімей вказує не лише на гостроту проблеми, а й на хронічний характер впливу забруднюючих чинників. Фактична відсутність чітко ідентифікованих джерел отруєння перешкоджає створенню превентивних заходів, що робить необхідним залучення мультидисциплінарної експертизи. Отримана статистика здатна не лише висвітлити проблему, а й стати основою для формування політики на рівні галузі – з урахуванням екотоксикологічного моніторингу, правового захисту пасік і сталого агровиробництва.

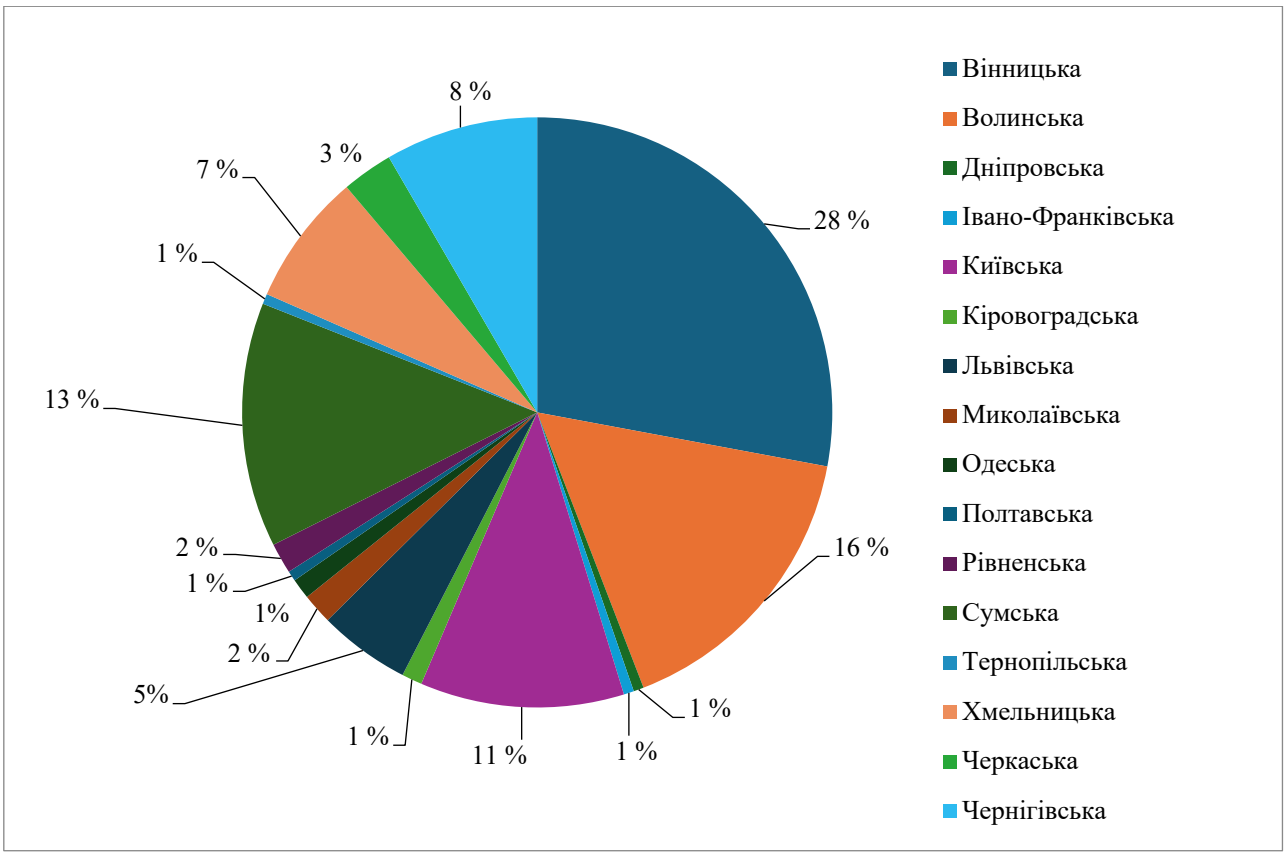


Рисунок 3.1 Інформація про масову загибель бджіл в Україні по областях, 2023 рік

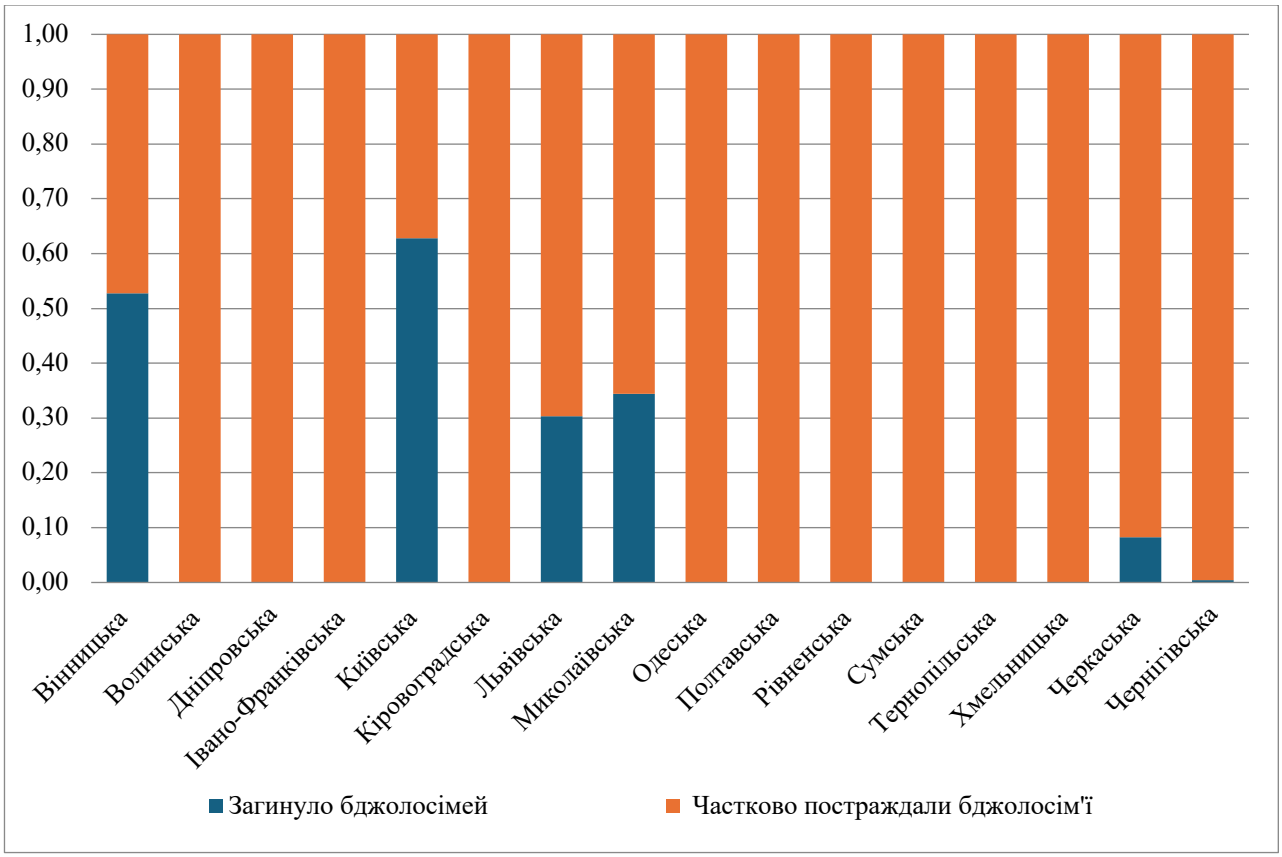


Рисунок 3.2 Співвідношення повністю загиблих та частково постраждалих бджолосімей в Україні, 2023 рік

У рамках розслідування інцидентів було відібрано 113 зразків патологічного матеріалу, проб ґрунту, води та рослин для лабораторного дослідження, однак фактична кількість підтверджених випадків отруєння залишилась низькою: усього у восьми експертизах діагноз «отруєння» було підтверджено, у семи випадках – виключено. Таким чином, підтверджені випадки отруєння становили лише 7 % від загальної кількості інцидентів. Це свідчить про низький рівень лабораторного супроводу розслідувань і вказує на фрагментарний підхід до офіційної фіксації хімічних токсикозів бджіл (рисунок 3.3, 3.4).

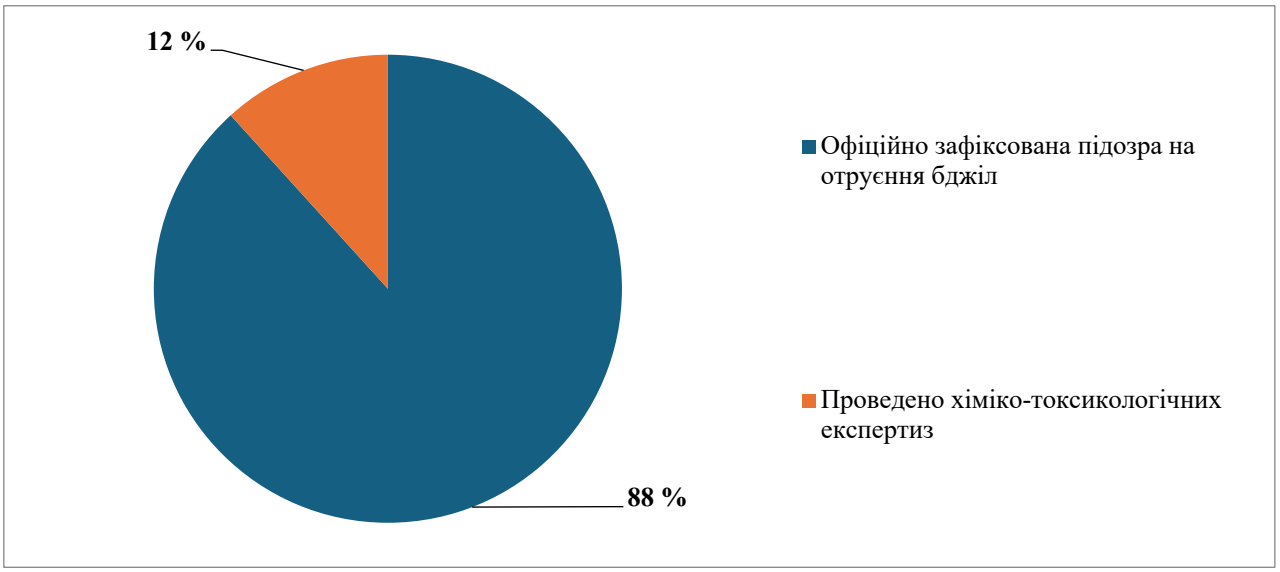


Рисунок 3.3 Інформація про проведення хіміко-токсикологічних експертиз на отруєння бджіл в Україні, 2023 рік

Водночас у більшості випадків адміністративна реакція була обмеженою: проведено лише вісім позапланових перевірок, видано сім приписів, накладено нуль штрафів, а матеріали до правоохоронних органів були передані лише у трьох випадках. Це свідчить про низький рівень правозастосування в контексті захисту галузі бджільництва від хімічних токсикантів в навколишньому середовищі за умов антропогенного впливу. Отримані дані також підтверджують спостереження інших дослідників про слабку правову регламентацію та фрагментарний облік хімічних токсикозів бджіл у країнах Східної Європи *(Antunes et al., 2020; Kundius et al., 2023).*

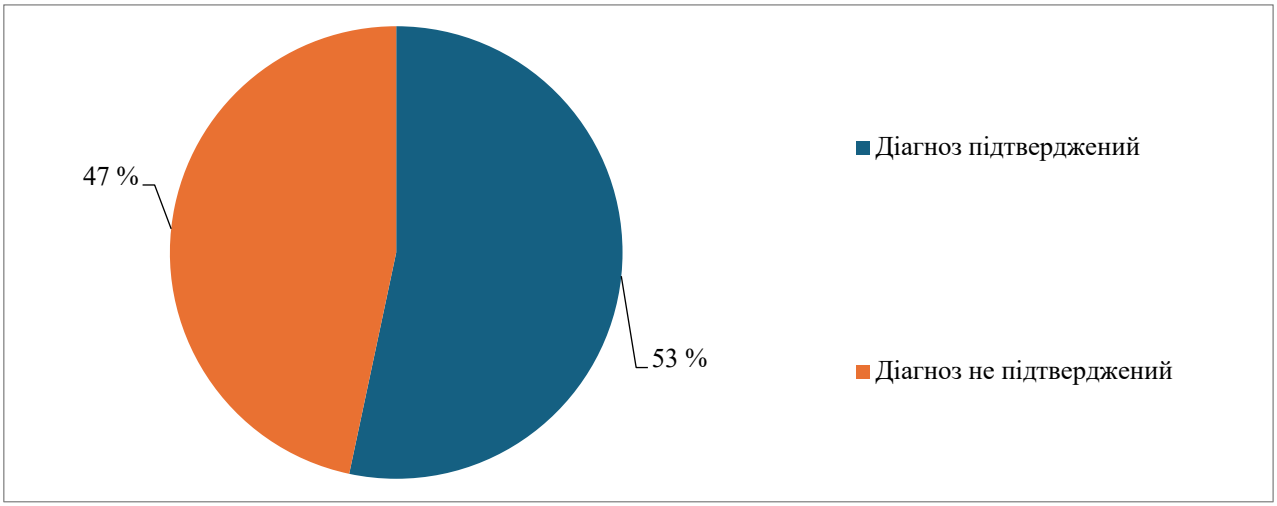


Рисунок 3.4 Результат хіміко-токсикологічних експертиз на отруєння бджіл в Україні, 2023 рік

У 2024 році в Україні було зафіксовано 78 офіційно зареєстрованих випадків загибелі бджіл, які охопили значну частину регіонів України. Загальна кількість загиблих бджолосімей склала 1111, тоді як 2905 сімей зазнали часткового ураження, що свідчить про зростання гостроти проблеми хімічних токсикозів у галузі бджільництва (рисунок 3.4, 3.5).

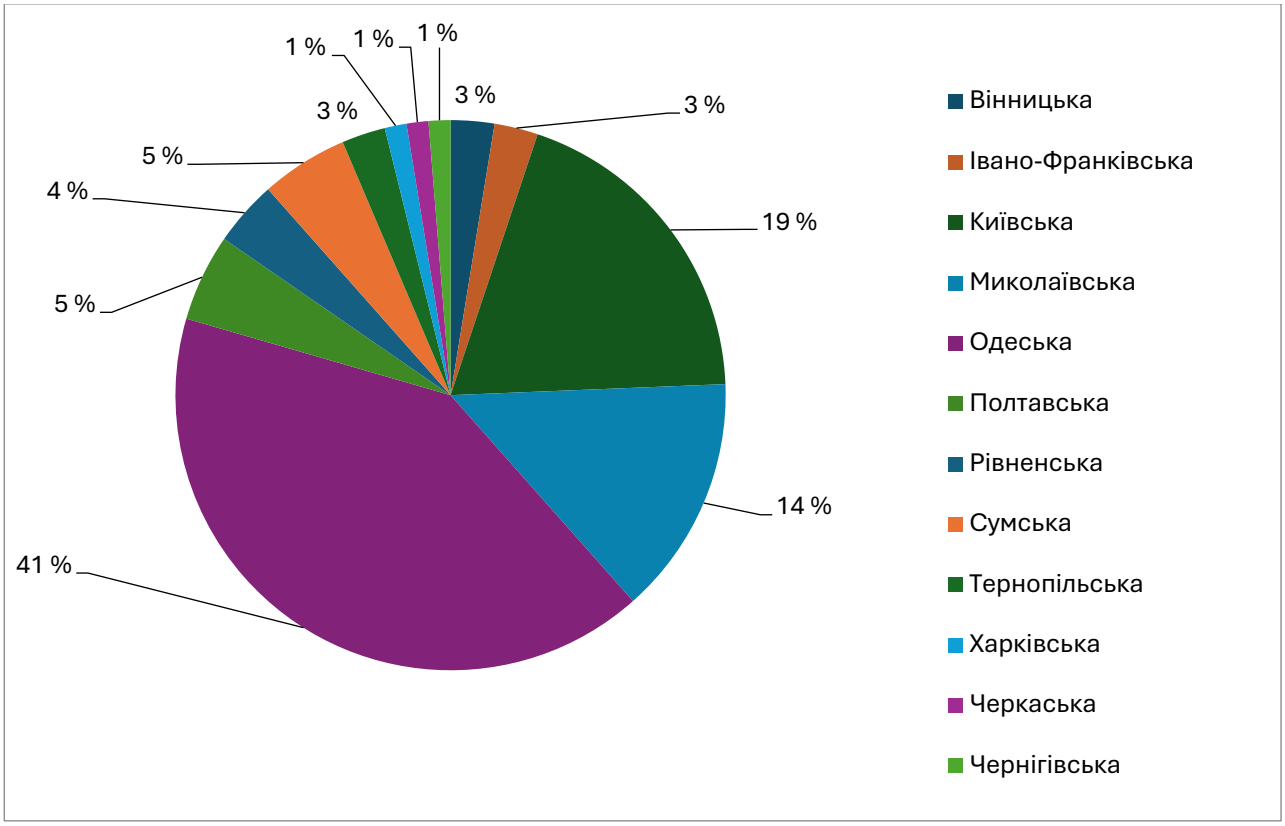


Рисунок 3.4 Інформація про масову загибель бджіл в Україні у 2024 році

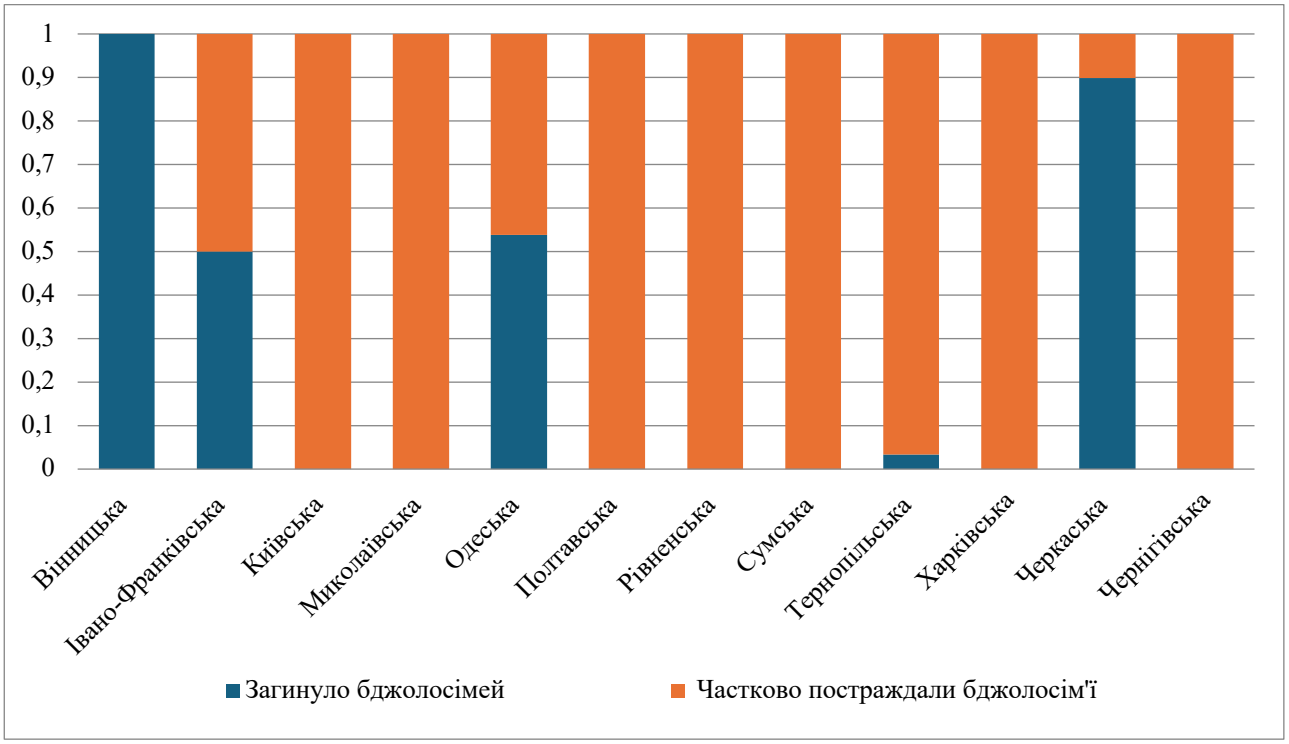


Рисунок 3.5 Інформація про масову загибель бджіл в Україні у 2024 році

Найбільша кількість постраждалих пасік зафіксована в Одеській області – 32 пасіки постраждало з них 848 загинули та 727 частково постраждали. Київська область – 15 пасік постраждало з них 1000 частково постраждалих (без загиблих). Миколаївська область – 11 пасік, з них 865 частково постраждалих сімей. Черкаська область – 1 пасіка з них 142 загиблі сім'ї та 16 частково постраждали.

У ряді областей (Волинська, Донецька, Закарпатська, Луганська, Херсонська) не зафіксовано жодного випадку, що може свідчити або про відсутність інцидентів, або про недостатній рівень реєстрації та обробки скарг.

У рамках розслідування інцидентів було відібрано 144 зразки патологічного матеріалу для хіміко-токсикологічного дослідження, однак кількість підтверджених випадків отруєння становила лише 3, а 1 випадок був офіційно виключений як непов'язаний з хімічним впливом (рисунок 3.6).

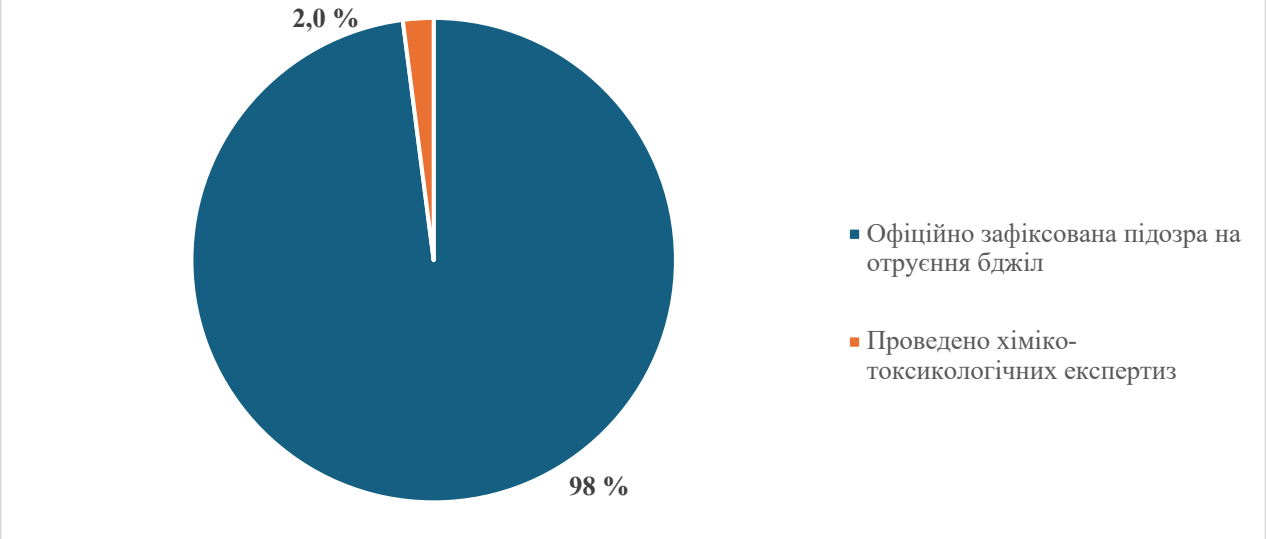


Рисунок 3.6 Результат хіміко-токсикологічних експертиз отруєння бджіл в Україні, 2024 рік

Отже, порівняно з масштабами повідомлень, частка підтверджених випадків хімічних токсикозів бджіл, а саме отруєнь бджіл засобами захисту рослин, залишається дуже низькою (лише 3 випадки при 78 інцидентах), що вказує на обмежене охоплення лабораторними перевірками або складність підтвердження причин токсикозу. Водночас обмежена адміністративна реакція унеможливлюють повноцінний моніторинг ситуації та своєчасне вжиття профілактичних заходів.

Таким чином, аналіз офіційної статистики щодо випадків масової загибелі бджіл в Україні демонструє лише часткову картину реального стану справ, оскільки значна кількість випадків хімічних токсикозів залишається поза межами офіційного обліку через обмежене проведення лабораторних експертиз та відсутність єдиного механізму збору даних *(Kundius et al., 2023)*. Тому особливо важливим є проведення комплексних наукових досліджень, що дозволяють оцінити частку хімічних токсикозів у загальній структурі захворюваності та загибелі бджіл, порівняно з іншими патологічними станами. Нижче наведено результати таких досліджень, виконаних на базі Національного наукового центру «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини» та Інституту ветеринарної медицини НААН України упродовж 2023–2024 років.

3.3.2 Частка хімічних токсикозів бджіл у структурі загальної патології бджіл. Одним із завдань дослідження було визначення частки хімічних токсикозів у структурі загальної патології бджіл у порівнянні з іншими групами захворювань, такими як паразитарні, вірусні, бактеріальні, грибкові захворювання та інші (змішаної етіології, отруєння рослинними токсинами тощо).

Упродовж 2023–2024 років на базі сектора вивчення хвороб бджіл Національного наукового центру «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини» та сектора хвороб бджіл Інституту ветеринарної медицини НААН України було проведено аналіз понад 1000 проб патологічного матеріалу від бджолосімей з різних регіонів України. Дослідження здійснювалося із використанням стандартних діагностичних підходів для кожної групи патологій.

Клінічні обстеження, вивчення форм перебігу захворювань проводили безпосередньо на пасіках. Визначення показників напруженості епізоотичного процесу (захворюваності, частки кожного із захворювань) вирахувано за нижче наведеними формулами.

Захворюваність встановлювали шляхом визначення відношення кількості бджолиних сімей, хворих окремою хворобою, до загальної чисельності чутливих об'єктів на пасіці та виражено у відсотках за формулою 3.1:

$$З = \sum з.бд. / \sum ч.об., \quad (3.1)$$

де З – захворюваність;

$\sum$ з. бд. – кількість хворих бджолиних сімей за період дослідження;

$\sum$ ч. об. – чисельність чутливих об'єктів.

Частку окремої хвороби в загальній кількості захворюваності за формулою 3.2:

$$Чх = А / Б \times 100, \quad (3.2)$$

де Чх –частка окремої хвороби;

А – кількість бджолиних сімей хворих на окрему хворобу;

Б – загальна кількість бджолиних сімей уражених всіма хворобами, що виявляли;

100 – перерахунок у відсотки.

Використання формул слугує інструментом кількісного аналізу впливу хімічних чинників на стан бджолиних сімей, дозволяючи виявити патерни токсикозу на основі статистичних даних, що підкреслює наукову достовірність викладених аргументів та сприяє формулюванню обґрунтованих рекомендацій для зменшення ризиків хімічного забруднення пасік у найбільш вразливих регіонах.

Ідентифікація хімічних токсикозів базувалася на результатах хіміко-токсикологічного аналізу біоматеріалів (меду, перги, воску, загиблих бджіл), із застосуванням методів газової хроматографії, тонкошарової хроматографії та атомно-абсорбційної спектрофотометрії *(Wu et al., 2024; Mullin et al., 2023).* Паразитарні захворювання варооз, ноземоз та акарапідоз, визначали мікроскопічним методом, проводили виявлення та підрахунок кліщів *Varroa destructor*, препарування та мікроскопія трахей на наявність кліщів *Acarapis woodi*, мікроскопічне дослідження вмісту кишечнику на наявність спор *Nosema spp.* та цист *Malpighamoeba mellificae (Di Fiore et al., 2022).* Вірусні інфекції діагностували за допомогою ПЛР та імуноферментного аналізу *(Medrzycki et al., 2019),* бактеріальні та грибкові інфекції – на основі культуральних, морфологічних і біохімічних методів *(Bonmatin et al., 2021).* Результати досліджень представлені на рисунку 3.7.

Аналіз структури захворюваності та патологічних станів бджолосімей в Україні за період 2023–2024 рр. показав, що провідне місце серед діагностованих патологій посідає ноземоз (47,9%) – одна з найпоширеніших імунодепресивних інвазій у сучасному бджільництві та широко розповсюджена в країнах Європи *(Higes et al., 2018; Stevanovic et al., 2020).* Варооз (34,3%) залишається другим за частотою діагностованим захворюванням (34,3%), виступаючи основним паразитарним фактором, що опосередковано підвищує сприйнятливість до супутніх інфекцій та вірусів, дані дослідження узгоджується з даними численних міжнародних досліджень *(Traynor et al., 2020).*

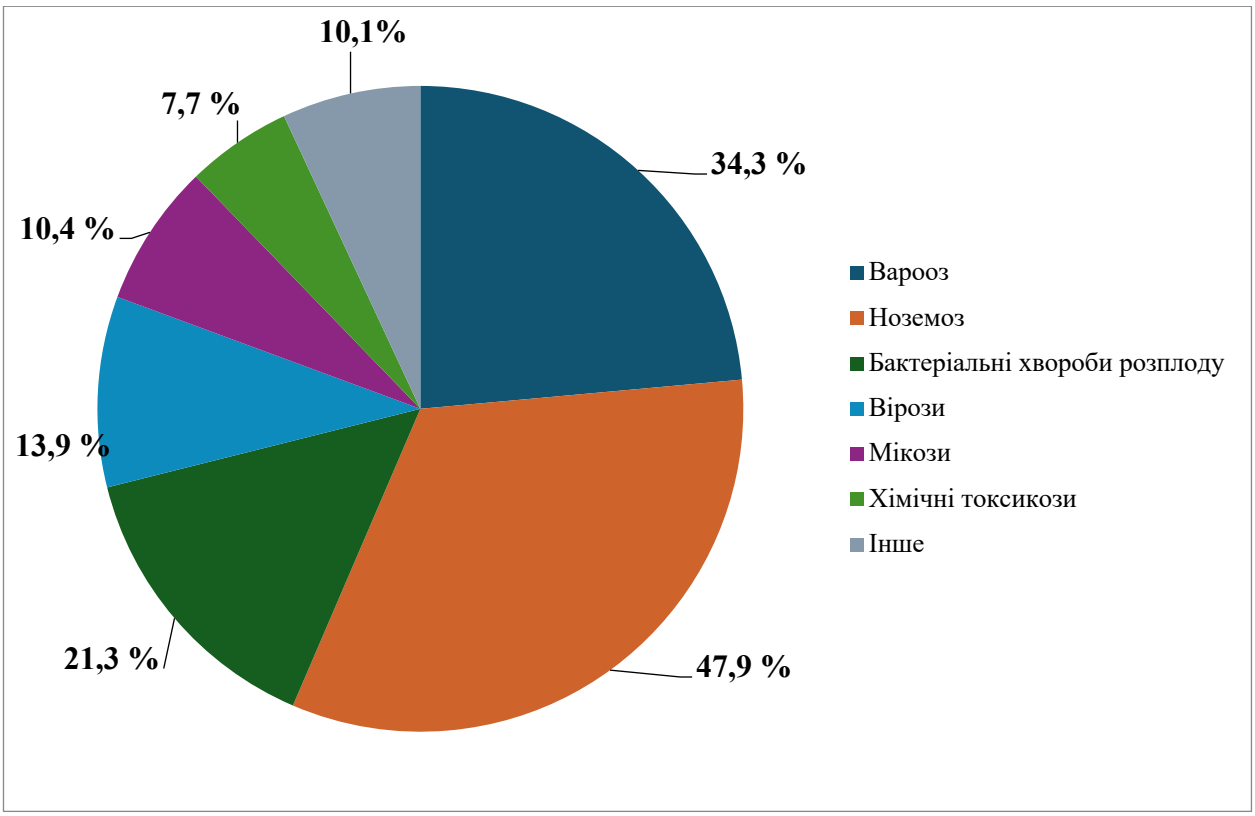


Рисунок 3.7 Частка хімічних токсикозів бджіл у структурі загальної патології бджіл в України, 2023-2024 роки

Важливу частку займають бактеріальні хвороби розплоду (21,3 %), зокрема американський та європейський гнилець, що залишаються серйозною загрозою для стабільності бджолиних сімей *(Nanetti et al., 2021).*

Вірусні захворювання (13,9 %) залишаються важливою складовою патологічного фону у бджолиних популяціях, значною мірою взаємопов'язаною з паразитарними навантаженнями та імуносупресією *(Dainat & Neumann, 2021).* Мікози (10,4 %), хоча й діагностуються рідше, проте часто проявляються у поєднанні з іншими факторами стресу та зниженням імунної відповіді *(Al Naggar et al., 2022).* Інші патології (10,1 %) включають рідкісні або недиференційовані захворювання, що потребують подальшого вивчення. Хімічні токсикози виявлено у 7,7% випадків, посідають важливе місце у структурі захворюваності, що підтверджує актуальність проблеми забруднення середовища та неправильного застосування засобів захисту рослин у сільському господарстві *(Bonmatin et al., 2021).* Проте, проведені наукові дослідження вказують на те, що порівняно з масштабами повідомлень про хімічні отруєння, частка підтверджених випадків хімічних токсикозів бджіл, а саме отруєнь бджіл засобами захисту рослин, залишається на низькому рівні. Дані узгоджуються із результатами сучасних європейських моніторингових досліджень *(Tosi et al., 2022; Potts et al., 2021).*

Отже, отримані дані підтверджують складність і багатофакторність сучасної патологічної ситуації у бджільництві України, що вимагає інтегрованого підходу до моніторингу та профілактики хвороб і токсикозів. Станом на 2025 рік, проблема загибелі бджіл внаслідок імовірних хімічних отруєнь в Україні залишається актуальною. Значні втрати бджолосімей у багатьох регіонах, низька частка підтверджених лабораторно випадків, а також незначна кількість санкційних заходів свідчать про необхідність посилення системи державного моніторингу, вдосконалення механізмів фіксації випадків та доказової бази хімічних токсикозів бджіл, а саме отруєнь засобами захисту рослин. Необхідна також державна підтримка наукових досліджень у галузі токсикології бджіл та впровадження буферних зон між полями та пасіками.

3.4. Вміст неорганічних елементів у меді та імаго бджіл: порівняльний аналіз і екологічна оцінка

Олена Євтушенко, Діна Лісогурська

Бджолиний мед є одним із найскладніших природних продуктів, що містить понад чотириста різних компонентів його якість охоплює досить широкий спектр характеристик та властивостей. Слід зазначити, що хімічний склад меду не є постійним і залежить від виду медоносних рослин, з яких збирається нектар, ґрунту, на якому вони ростуть, часу, що минув від збору нектару, умов зберігання меду, погодних та кліматичних умов, але основні групи речовин у меді є постійними *(Soares et al., 2017; Don & Petrusha, 2019).*

Якісні та екологічні показники медозбору в різних місцевостях та кліматичних зонах відрізняються залежно від типу та схоронності сільськогосподарських угідь, погодних умов (температури повітря, опадів) та інших факторів, включаючи негативні. Зокрема, це антропогенна діяльність та інтенсивність штучного навантаження, які прямо чи опосередковано впливають як на кількісні, так і на якісні показники виробництва продуктів бджільництва *(Karadas and Birinci, 2018; Simanonok et al., 2020).*

Відомо, що забруднення навколишнього середовища важкими металами становить серйозну загрозу для екосистем та здоров'я людини. Особливо небезпечними є важкі метали, які проявляють високу токсичність у невеликих кількостях – ртуть, свинець, кадмій та інші. Ці речовини, що входять до складу викидів промислових підприємств та автомобільного транспорту, потрапляють до бджіл під час збору ними нектару, пилку, води. Міграція важких металів відбувається по ланцюгу ґрунт – рослини – продукти бджільництва – людина. Важкі метали також потрапляють у ґрунт з опадами, викидами та стоками з прилеглих промислових підприємств, вихлопними газами від автомобілів, пестицидами та добривами *(Gulinska and Wasowicz, 2020).*

Дослідження вмісту неорганічних елементів, в тому числі важких металів у меді та імаго бджіл є важливим етапом для оцінки стану навколишнього середовища, здоров'я бджіл і безпеки продуктів бджільництва для людей. Це дозволяє не тільки контролювати якість меду, але й розробляти ефективні стратегії для захисту бджолиних популяцій і запобігання забрудненню екосистеми важкими металами. Результати дослідження вмісту неорганічних елементів у зразках меду різного ботанічного походження (липа, акація, соняшник, гречка, різнотрав'я, ріпак) дозволяють виявити специфічні особливості мінерального профілю меду, зумовлені як біологічними характеристиками медоносних рослин, так і особливостями еколого-геохімічного середовища регіонів їхнього зростання.

Експериментальні дослідження проводилися у секторі вивчення хвороб бджіл Національного наукового центру «Інститут експериментальної та клінічної ветеринарної медицини», м. Харків. Зразки меду відбирали з восьми областей України (n=56), зразки імаго бджіл з чотирьох областей України (n=40). Збір проб меду проводили в різних областях України з урахуванням основних медоносних культур в 6-10 км зоні розташування пасік. Відбір проб меду зі стільників або відкачуваного меду (паковочної одиниці) проводили згідно з ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови». Відібрані проби поміщали у чистий сухий скляний посуд, закупорювали та зберігали в умовах побутового холодильника за температури $(4 \pm 2)\ ^0$C до проведення досліджень. До досліджень допускали мед, показники якості якого відповідали нормам дійсними на території України (ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови»). Також мед сортували за ботанічним походженням.

Вміст неорганічних елементів у меді та імаго бджіл визначали за допомогою методики одночасного визначення неорганічних елементів (Sr, Br, Se, Pb, Zn, Cu, Ni, Fe, Co, Mn, Cr, Ca) в меді та імаго бджіл *(Куцан та ін., 2012).* Для дослідження брали наважки меду (25,0-30,0) г, бджіл – (3,0–5,0) г (з точністю зважування до 0,01 г). Висушування проб меду у сушильній шафі проводили в два етапи: на першому – 4 год. за температури $(130 \pm 2)\ ^0$C, на другому (після карамелізації проби) – 4 год. за температури $(150 \pm 2)\ ^\circ$C. Озолення (спалювання) проб до

чорної або сірої золи проводили в муфельній печі з регульованою та контрольованою системою нагріву з додаванням до тиглів 5,0 $см^3$ перекису водню. Спалювання проб меду проводили протягом (4-6) годин за температури (350-400) ˚С, бджіл – 2 години за такої ж температури. Для внесення поправки на особливості матриці до кожної проби золи вносили внутрішній стандарт: порошок кремнію оксиду з нанесеним галієм. Масу внутрішнього стандарту підбирали з урахуванням маси золи і концентрації елементу галію у стандарті, та потім визначали масу золи у сумі з масою внесеного стандарту (зважування до 0,01 г). Виміри проводили на приладі "Spectroscan-MAX" відповідно до інструкції із застосування. Підготовлені для дослідження зразки золи поміщали до кювети приладу та ущільнювали. Інтенсивність випромінювання того або іншого елементу в пробі залежить від якісного і кількісного складу кожної конкретної досліджуваної проби. Тому при кількісному розрахунку елементу цей недолік усували шляхом введення до основної формули коефіцієнту ($К_1$), який розраховували за інтенсивністю флуоресценції внутрішнього стандарту (галію) у кожній окремо досліджуваній пробі та інтенсивністю флуоресценції галію у стандарті на кремнію оксиді за формулою (3.3):

$$K1 = \frac{A1 \times \text{CmGa} \times \text{Мз} + \text{ст}}{A2 \times \text{Ga} \times \text{МСт}} \quad (3.3),$$

де $К_1$ – коефіцієнт перерахунку;

$А_1$ – кількість імпульсів Ga в конкретній досліджуваній пробі;

CmGa – концентрація Ga у стандартній калібрувальній матриці на кремнію оксиді, виміряна на приладі (1 мг/г);

Мз+ст – маса золи, яка отримана після спалювання досліджуваного матеріалу в сукупності з масою внесеного внутрішнього стандарту на кремнію оксиді, г;

$А_2$ – кількість імпульсів Ga у стандартній калібрувальній матриці на кремнію оксиді, з концентрацією 1 мг/г;

Ga – концентрація галію на кремнію оксиді у внутрішньому стандарті (5 мг/г);

МСт – маса внутрішнього стандарту, внесеного до проби, г.

Розрахунок кількості елементу, що визначається у пробі, проводили за формулою (3.4):

$$X = \frac{\text{Іпр} \times \text{Мз} + \text{ст}}{\text{Іст} \times M \times K1} \times 1000 \quad (3.4)$$

де Х – кількість елементу в досліджуваній пробі, мг/кг натуральної маси;

Іпр – кількість імпульсів елементу в досліджуваній пробі;

Мз+ст – маса золи, яка отримана після спалювання досліджуваного матеріалу в сукупності з масою внесеного внутрішнього стандарту на кремнію оксиді, мг;

Іст – кількість імпульсів елементу у стандартній калібрувальній матриці на кремнію оксиді, з концентрацією 1 мг/г;

М – величина наважки досліджуваного матеріалу, г;

$К_1$ – коефіцієнт перерахунку;

1000 – коефіцієнт перерахунку для переведення величини вмісту елементу в міліграми на 1 кг натуральної маси меду або імаго бджіл. Кожен зразок меду та дорослих бджіл досліджували у 3 повторюваннях. Результати обробляли методами варіаційної статистики з використанням пакету програмного забезпечення для аналізу (ANOVA) StatPlus 5 (6.7.0.3) *(AnalystSoft Inc., США)*. Ймовірність отриманих результатів оцінювали за критерієм Тьюкі (Tukey's HSD) на рівні ймовірності 95,0–99,9% ($p<0,05$ – $p<0,001$), *(Field, 2020)*.

За результатами досліджень провели аналіз отриманих даних з урахуванням ботанічного та географічного походження меду. Виявлено, що кількісний склад неорганічних елементів суттєво відрізнявся як у зразках з однієї місцевості, так і у зразках з одного виду медоносних рослин. Неорганічні елементи, такі як бром, селен, цинк, мідь, залізо, марганець та кальцій були виявлені у всіх досліджених зразках меду, тоді як стронцій – у 94,6 %, нікель – у 91,1 %, кобальт – у 80,4 %, хром – у 58,9 %. В решті відповідних зразків вміст вищезазначених

елементів був нижчим за межу визначення (нмв) методу (0,01 мг/кг). Слід зазначити, що свинець з гранично допустимою концентрацією рівнем (ГДК) – 0,1 мг/кг у жодному зі зразків не виявлено, що відповідає критеріям безпеки. Результати дослідження вмісту неорганічних елементів у меді залежно від ботанічного походження меду представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Вміст неорганічних елементів у меді залежно від ботанічного походження меду (M ± m, n=56)

Елемент, мг/кг	Основний медонос					
	Липа n=12	Акація n=6	Соняшник n=19	Гречка n=3	Різнотрав'я n=14	Ріпак n=2
Стронцій Sr	0,119± 0,018*	0,115± 0,009*	0,073± 0,01**	нмв	0,059± 0,002**	0,147± 0,027
Бром Br	0,322± 0,024	0,328± 0,050	0,089± 0,04**	0,119± 0,014**	0,052± 0,007**	0,117± 0,030**
Селен Se	0,022± 0,024**	0,039± 0,024	0,028± 0,02*	0,019± 0,010**	0,0091± 0,0002**	0,033± 0,006*
Свинець Pb	нмв	нмв	нмв	нмв	нмв	нмв
Цинк Zn	0,876± 0,041**	0,928± 0,056**	0,633± 0,16**	0,630± 0,630**	1,772± 0,010	1,078± 0,029**
Мідь Cu	1,717± 0,250*	1,730± 0,150	1,123± 0,16**	1,41± 0,150	1,399± 0,063**	1,106± 0,026
Нікель Ni	0,070± 0,003*	0,013± 0,0009**	0,027 ± 0,01**	нмв	0,082± 0,004	нмв
Кобальт Co	0,028± 0,003	нмв	0,0054± 0,0008**	нмв	0,0059± 0,0006**	нмв
Залізо Fe	2,520± 0,134**	2,630± 0,105**	1,12± 0,22**	4,76± 0,150	2,244± 0,060**	2,192± 0,17**
Марганець Mn	0,594± 0,080**	0,445± 0,140*	0,29± 0,03**	5,67± 0,090	0,883± 0,022**	0,410± 0,048**
Хром Cr	нмв	нмв	0,022± 0,01**	нмв	0,086± 0,006	нмв
Кальцій Ca	236,74± 31,19*	173,61± 59,75**	105,78± 18,82**	178,29± 42,51**	106,66± 1,91**	285,32± 15,18

Примітка: ** – p<0,05, ** – p<0,001 – відносно найвищого значення елемента; нмв – нижче за межу визначення методу.*

Аналізуючи дані таблиці найбільш варіабельними елементами за ботанічним походженням є: цинк, мідь, марганець, кальцій, залізо, вміст цих мікроелементів суттєво залежав від виду медоносної рослини (p<0,05; p<0,001). Цинк мав найвищу концентрацію у меді з різнотрав'я (1,772 ± 0,010 мг/кг), вірогідно вищу порівняно з іншими видами меду (p<0,001) та найнижчу у меді з гречки (0,630 ± 0,630** мг/кг) та не перевищував ГДК (5,0 мг/кг). Мідь демонструвала найбільший вміст у меді з акації (1,730 ± 0,150 мг/кг) та гречки (1,41 ± 0,150 мг/кг), що може бути пов'язано з використанням фунгіцидів, які містять мідь, на даних культурах *(Bonmatin et al., 2021).* Значення міді у меді з липи та ріпаку також були високими, тоді як мед з соняшника мав значно нижчий вміст цього елементу (p<0,001). ГДК

для міді встановлені на рівні – 2,0 мг/кг, перевищення у досліджуваних зразках не зафіксовано. Марганець найбільш активно накопичувався у меді з гречки (5,67 ± 0,090 мг/кг), що узгоджується з літературними даними про високу здатність гречки до біоакумуляції *(Wu et al., 2024).* У зразках меду з акації, липи, різнотрав'я та ріпаку вміст марганцю був статистично значимо нижчим ($p<0,001$; $p<0,05$). Залізо у найбільшій кількості виявлено у меді з гречки (4,76 ± 0,150 мг/кг), що свідчить про високий потенціал цієї культури до накопичення заліза *(Di Fiore et al., 2022).* Вміст заліза у меді з липи, акації, різнотрав'я та ріпаку був вірогідно нижчим ($p<0,001$). Кальцій досягав максимальних значень у меді з ріпаку (285,32 ± 15,18 мг/кг), що, ймовірно, зумовлено фізіологічними особливостями ріпаку акумулювати кальцій *(Goulson et al., 2015).* У зразках меду з липи, акації, соняшнику та різнотрав'я рівень кальцію був значно нижчим ($p<0,001$; $p<0,05$).

Суттєві між групові відмінності були зафіксовані для селену, нікелю, кобальту та хрому. Максимальний вміст селену спостерігався у меді з акації (0,039 ± 0,024 мг/кг), а найнижчий з різнотрав'я (0,0091 ± 0,0002 мг/кг) *(Hladun et al., 2012; Jankovskis et al., 2020).* ГДК для селену – 0,3 мг/кг, перевищення у досліджуваних зразках не зафіксовано. Вміст нікелю було виявлено у 91,1 % зразків з найвищим вмістом у меді з різнотрав'я (0,082 ± 0,004 мг/кг), вірогідно перевищуючи аналогічні показники для інших ботанічних груп ($p<0,001$). У всіх виявлених зразках ГДК нікелю (0,1 мг\кг) нижче норми (максимум 0,07 мг/кг у меді з липи). Кобальт виявлено в меді з липи, соняшника та різнотрав'я, що складає 80,4 % від досліджуваних проб. Найбільший вміст встановлено у меді з липи (0,028 ± 0,003 мг/кг), значно вищий порівняно з іншими групами ($p<0,001$). ГДК кобальту (0,05 мг/кг) в усіх зразках значно нижча за допустимий рівень (0,002-0,028 мг/кг). Хром було виявлено лише у меді з соняшника (0,022 ± 0,010 мг/кг) та різнотрав'я (0,086 ± 0,006 мг/кг), причому останній показник був істотно вищим ($p<0,001$), але не перевищував гранично допустимі концентрації (0,1 мг/кг).

Вміст стронцію та брому значно варіював залежно від ботанічного походження, хоча рівень відмінностей був менш вираженим для брому. Максимальний вміст стронцію був у меді з ріпаку (0,147 ± 0,027 мг\кг), брому у меді з акації (0,328 ± 0,050 мг\кг). На сьогодні ГДК для брому та стронцію у меді не встановлена ні в українських нормативних документах (ДСТУ 4497:2005; Закон України № 2042-VIII, 2017; Наказ Мінагрополітики № 548, 2019; ДСанПіН 4.4.4.077-2001) ні в основних міжнародних нормативних документах *(Codex Alimentarius Commission, 2001; European Commission, 2023),* оскільки бром та стронцій не входять до переліку основних хімічних елементів для обов'язкового контролю в харчових продуктах.

Свинець не було виявлено у жодному з проаналізованих зразків, що свідчить про високу екологічну якість меду з погляду на токсичність елементу, відповідно до нормативних вимог чинного законодавства (ДСТУ 4497:2005; Закон України № 2042-VIII, 2017; Наказ Мінагрополітики № 548, 2019; ДСанПіН 4.4.4.077-2001).

Таким чином при дослідженні проб меду з липи (n=12) можна відзначити високий вміст міді (1,717 ± 0,250* мг/кг) та заліза (2,520 ± 0,134**мг/кг) – це типовий профіль для липи, яка часто росте в міських або придорожніх насадженнях, де можуть бути джерела мідних і залізовмісних сполук *(Bonmatin et al., 2021).* Зменшення цих елементів можливе при зниженні впливу урбанізованого середовища (розташування пасік у більш віддалених від доріг зонах). Мед з акації (n=6) мав найвищий вміст селену (0,039 ± 0,024 мг/кг) та високий вміст кальцію (173,61 ± 59,75** мг/кг) та міді (1,730 ± 0,150 мг/кг) та стабільний профіль марганцю (0,445 ± 0,140* мг/кг). Збільшення селену можливе при надмірному внесенні добрив *(Jankovskis et al., 2020),* мідь можна стабілізувати при зменшенні застосування фунгіцидів, кальцій залежить від особливостей ґрунтів.

Проби меду з соняшника (n=19) мали низький вміст міді, заліза, марганцю та хрому та помірний вміст цинку та стронцію. Соняшник не є активним акумулятором важких металів, тому цей мед найбільш екологічно стабільний. Проте можливе підвищення цинку та міді при внесенні мікродобрив або у разі інтенсивного застосування агрохімії *(Monchanin et al., 2023).* Проби меду з гречки (n=3) абсолютний лідер за вмістом марганцю (5,67 ± 0,090 мг/кг) та заліза (4,76 ± 0,150 мг/кг). Гречка – сильний акумулятор мікроелементів, особливо марганцю та заліза

(Di Fiore et al., 2022), зменшити ці показники складно без зміни ґрунтів, лише використання органічного землеробства дозволить знижувати концентрації. Проби меду із різнотрав'я (n=14) мали найвищий вміст цинку (1,772 ± 0,010 мг/кг), високий вміст нікелю (0,082 ± 0,004 мг/кг) та хрому (0,086 ± 0,006 мг/кг). Мед з різнотрав'я має максимально варіабельний профіль, бо залежить від складу нектароноса. Для зниження важких металів доцільно відмовитися від пасік поблизу промислових зон та контролювати джерела атмосферних викидів. Лідер за вмістом кальцію (285,32 ± 15,18 мг/кг) – мед з ріпаку (n=2), та має великий вміст селену (0,033 ± 0,006* мг/кг). Ріпак добре акумулює кальцій та селен згідно з даними інших дослідників *(Goulson et al., 2015).* Для зменшення міді слід регулювати кількість фунгіцидів на основі міді. За використання органічного ріпаку можливо досягти зниження селену. Перспективи регулювання вмісту неорганічних елементів у меді представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Перспективи щодо можливого зменшення або збільшення неорганічних елементів у меді різного ботанічного походження

Елемент	Перспектива зменшення/збільшення
Zn	можливе зростання при застосуванні мікродобрив, зниження – контроль добрив
Cu	можливе зростання через фунгіциди, зниження – зменшення обробок
Mn	важко регулюється через природні властивості рослин (особливо гречки)
Fe	частково можна зменшити через вибір локацій пасік
Ca	стабільний, регулюється дуже повільно (ґрунтові фактори)
Se	контроль за мінеральними добривами – основний шлях регуляції
Cr, Ni, Co	основна профілактика – вибір екологічно чистих зон для розміщення пасік

Таким чином, порівняльний аналіз вмісту неорганічних елементів у меді залежно від ботанічного походження свідчить, що концентрації низки елементів суттєво залежать як від фізіологічних особливостей медоносних рослин, так і від екологічного стану середовища їхнього зростання. Найбільшу варіабельність продемонстрували цинк, мідь, марганець, залізо, кальцій та селен. З огляду на результати, для зниження ризиків накопичення потенційно небезпечних елементів доцільно вибирати для розміщення пасік регіони з контрольованим агрохімічним навантаженням, застосовувати принципи органічного бджільництва та мінімізувати використання фунгіцидів, які мають у своєму складі сполуки міді. Моніторинг мінерального складу меду має стати обов'язковим компонентом системи контролю його безпеки та якості. Виявлена між групова варіабельність свідчить про доцільність урахування виду медоносної рослини при оцінці мікроелементного складу меду та його потенційної харчової цінності та безпеки для споживачів.

Дослідження вмісту неорганічних елементів у зразках меду, зібраного з різних регіонах України, дає змогу оцінити регіональні особливості мінерального профілю меду, можливі ризики хімічного забруднення середовища, рівень екологічного навантаження, потенційні ризики безпеки продуктів бджільництва для споживачів. Порівняльний аналіз демонструє, що вміст більшості мікро- та макроелементів є статистично значимо диференційованим залежно від територіальної належності пасік ($p<0,05$, $p<0,001$) відносно найвищого значення елемента. Результати досліджень представлені у таблиці 3.3.

Вірогідні міжрегіональні відмінності ($p<0,05$, $p<0,001$) відносно найвищого значення елемента, встановлено для таких елементів: стронцій, бром, селен, цинк, купрум, нікель, кобальт, залізо, марганець, хром, кальцій. Для свинцю у всіх зразках концентрації були нижчі за межу виявлення. Найвищі значення елементів характерні для Дніпровської, Житомирської, Харківської, Полтавської та Тернопільської областей.

Таблиця 3.3. Вміст неорганічних елементів у меді залежно від регіону розташування пасіки (M±m, n=56)

Елемент, мг/кг	Область розташування пасіки,							
	Харківська	Полтавська	Одеська	Житомирська	Тернопільська	Івано-Франківська	Дніпровська	Львівська
Стронцій Sr	0,117± 0,02**	0,194± 0,023**	0,073± 0,01**	нмв	0,059± 0,002**	0,147± 0,027**	0,41± 0,04**	0,089± 0,004**
Бром Br	0,425± 0,10*	0,111± 0,011**	0,089± 0,04**	0,119± 0,014**	0,052± 0,007**	0,117± 0,030**	0,012± 0,002**	0,042± 0,004**
Селен Se	0,305± 0,08*	0,387± 0,006	0,028± 0,02**	0,093± 0,010**	0,0091± 0,0002**	0,338± 0,006	0,0045± 0,0001**	0,0059± 0,0003**
Свинець Pb	нмв	нмв	нмв	нмв	нмв	нмв	нмв	нмв
Цинк Zn	0,902± 0,03**	1,482± 0,068*	0,633± 0,16**	1,630± 0,630*	1,772± 0,010	1,078± 0,029**	1,894± 0,208	0,533± 0,011**
Мідь Cu	4,720± 0,01	3,568± 0,152*	1,12± 0,16**	4,41± 0,150	1,399± 0,063**	4,106± 0,026	1,332± 0,189**	0,910± 0,034**
Нікель Ni	0,041± 0,03**	нмв	0,027± 0,01**	нмв	0,082± 0,004	нмв	0,075± 0,005	0,022± 0,006**
Кобальт Co	0,028± 0,003	нмв	0,0054 ±0,0008**	нмв	0,0059± 0,0006**	нмв	0,012± 0,001**	0,0054± 0,0008**
Залізо Fe	2,58± 0,06**	2,270± 0,087**	1,12± 0,22**	4,76± 0,150	2,244± 0,060**	2,192± 0,17**	4,510± 0,100	1,029± 0,050**
Марганець Mn	0,52± 0,07**	0,597± 0,022**	0,29± 0,03**	5,67± 0,090	0,883± 0,022**	0,410± 0,048**	0,438± 0,014**	0,311± 0,008**
Хром Cr	нмв	нмв	0,022± 0,01**	нмв	0,086± 0,006	нмв	0,010± 0,001**	0,059± 0,004*
Кальцій Ca	236,74 ±18,43	147,23 ±22,62**	105,78± 18,82**	178,29 ±42,51*	106,66± 1,91**	185,32± 15,18*	129,15± 2,38**	84,76± 4,47**

Примітка: ** – p<0,05, ** – p<0,001 – відносно найвищого значення елемента; нмв – нижче за межу визначення методу.*

Стронцій виявив високі концентрації порівняно з іншими пробами у меді з Дніпровської області (0,41 ± 0,04 мг/кг), що вірогідно перевищувало показники усіх інших регіонів (p<0,001). Накопичення стронцію у даному регіоні може бути пов’язане з підвищеним природним вмістом цього елементу у ґрунтах, а також з техногенними чинниками (Bonmatin et al., 2021). Бром мав найвищу концентрацію, порівняно найвищого значення відносно інших елементів, у Харківській області (0,425 ± 0,10 мг/кг), із вірогідно нижчими значеннями у всіх інших регіонах (p<0,001). Джерелом брому можуть бути залишки фумігантів та промислові викиди (Khan et al., 2018). Селен демонстрував максимальні значення у Полтавській (0,387 ± 0,006 мг/кг) та Івано-Франківській (0,338 ± 0,006 мг/кг мг/кг) областях, що суттєво перевищувало вміст селену в інших регіонах (p<0,001). Селен є одним із ключових елементів, здатних накопичуватись у меді шляхом застосування мінеральних добрив *(Hladun et al., 2012; Jankovskis et al., 2020).* Цинк мав найбільшу концентрацію у Дніпровській області (1,894 ±

0,208 мг/кг), з істотно нижчими показниками в інших регіонах (p<0,001). Підвищений рівень цинку часто асоціюється з техногенними навантаженнями *(Di Fiore et al., 2022).* Вміст міді у високих концентраціях у Харківській області (4,720 ± 0,01 мг/кг) і Житомирській області (4,41 ± 0,150 мг/кг), що може бути пов'язано із використанням фунгіцидів та локальними особливостями ґрунтів *(Bonmatin et al., 2021).* Нікель і Кобальт виявлялися не у всіх регіонах, однак максимальні концентрації нікелю зафіксовано у Тернопільській (0,082 ± 0,004 мг/кг), а кобальт у Харківській області (0,028 ± 0,003 мг/кг), що потребує уваги з огляду на потенційну токсичність цих елементів при їхній біоакумуляції *(Wu et al., 2024).* Вміст заліза мав найбільший вміст у Житомирській (4,76 ± 0,150 мг/кг) та Дніпровській (4,510 ± 0,100 мг/кг) областях. Високий рівень заліза може бути пов'язаний як із природними геохімічними умовами, так і з впливом агротехнічних заходів *(Monchanin et al., 2023).* Марганець у найвищій концентрації виявлено у Житомирській області (5,67 ± 0,09 0мг/кг), що узгоджується з даними про високу здатність деяких рослин акумулювати марганцю у певних ґрунтових умовах *(Di Fiore et al., 2022).* Хром був присутній у незначних кількостях у декількох регіонах, максимальні значення зафіксовано у Тернопільській області (0,086 ± 0,006мг/кг), що свідчить про локальне забруднення *(Zhelyazkova & Petrova, 2024).* Кальцій мав найбільшу концентрацію у Харківській області (236,74 ± 18,43 мг/кг), тоді як у Львівській області цей показник був найнижчим (84,76 ± 4,47** мг/кг). Рівень кальцію значною мірою зумовлений природними ґрунтовими характеристиками регіону *(Zaric et al., 2022).*

Проби меду з Дніпровської області показали в процесі досліджень найвищі концентрації стронцію та цинку, високі значення заліза та кальцію, що може свідчити про підвищені техногенні навантаження. Проби меду з Житомирської області мали високий вміст заліза та марганцю, що відображає специфіку ґрунтів Полісся. Досліджувані проби меду з Харківської області показав високі концентрації міді, брому, кальцію та кобальту, що ймовірно, вплив промислових факторів та застосування агрохімікатів. Проби меду з Полтавської області мав максимальні значення селену та середні показники цинку і заліза. Проби меду з Івано-Франківської області характеризувались високим вмістом селену та середніми значеннями марганцю та заліза. Досліджувані проби меду з Тернопільської області лідер по вмісту нікелю та хрому, що може вказувати на локальне забруднення. Проби меду з Одеської та Львівської областей в цілому мали нижчі показники для більшості елементів, що може свідчити про відносно кращий екологічний стан або специфіку місцевої флори. Максимальні значення показані відносно найвищого значення елемента, та не перевищують ГДК регламентовані чинним законодавством України *(ДСТУ 4497:2005; Закон України № 2042-VIII, 2017; Наказ Мінагрополітики № 548, 2019; ДСанПіН 4.4.4.077-2001).*

Отже, проведений аналіз підтверджує, що вміст неорганічних елементів у меді істотно залежить від регіональних особливостей як природного, так і техногенного походження. Значна варіабельність стронцію, брому, селену, цинку, міді, заліза, марганцю та кальцію вказує на необхідність локального моніторингу для кожного регіону. Особливу увагу слід звернути на регіони із підвищеними концентраціями техногенних маркерів (хрому, нікелю, кобальту), оскільки їхній неконтрольований вміст у продуктах бджільництва становить потенційний ризик для здоров'я споживачів. Як висновок, при плануванні розміщення пасік та експорту меду доцільно враховувати геохімічний профіль регіону, що дозволить не лише підвищити якість продуктів бджільництва, а й мінімізувати ризики хімічного забруднення.

Аналіз вмісту неорганічних елементів у зразках імаго бджіл залежно від основної медоносної рослини в зоні розташування пасіки є важливим індикатором, як екологічного стану середовища, так і інтенсивності надходження елементів через кормові ресурси. Проведений аналіз продемонстрував вірогідні відмінності у накопиченні ряду елементів (p<0,05 – p<0,001). Результати досліджень представлені у таблиці 3.4.

Бджоли, що збирали нектар із соняшника, мали найвищі концентрації стронцію (3,73 ± 0,02 мг/кг), цинку (156,01 ± 5,98 мг/кг), заліза (398,27 ± 7,14 мг/кг), хрому (0,24 ± 0,01 мг/кг) та кальцію (1103,39 ± 19,73 мг/кг) (p<0,001). Це свідчить про високу здатність соняшнику акумулювати зазначені елементи, що згодом відображається у складі тіла бджіл *(Bonmatin et*

al., 2021; Di Fiore et al., 2022). Максимальні концентрації брому були зафіксовані у пробах бджіл з липи (0,175 ± 0,012 мг/кг, p<0,001), селену (0,239 ± 0,039 мг/кг, p<0,001) та міді (21,35 ± 1,00 мг/кг, p<0,001) – з акації, кобальт – у бджолах з липи (0,136 ± 0,001 мг/кг, p<0,001). Свинець виявлено лише у зразках бджіл з соняшника (0,05 ± 0,01 мг/кг), що може вказувати на локальне забруднення відповідного агроландшафту *(Speck, 2024).* Марганець демонстрував вірогідно нижчі значення у бджіл з соняшника (78,74 ± 1,978 мг/кг) та різнотрав'я (75,57 ± 0,811 мг/кг, p<0,05), що може бути зумовлено різною мінеральною доступністю елементу залежно від виду медоносної рослинності *(Zaric et al., 2022).*

Таблиця 3.4. Вміст неорганічних елементів у зразках дорослих бджіл залежно від медоносної рослини, що домінує в зоні пасіки (M±m, n=40).

Елемент, мг/кг	Медоносна рослина що домінує в зоні розташування пасіки			
	липа n=10	акація n=10	соняшник n=10	різнотрав'я n=10
Стронцій (Sr)	3,11 ± 0,07 *	2,25 ± 0,04 *	3,73 ± 0,02	1,59 ± 0,02 *
Бром (Br)	0,175±0,012	0,139±0,020	0,065±0,02	0,096±0,004
Селен (Se)	0, 150±0,020	0,239±0,039	0,047±0,01	0,093±0,001
Свинець (Pb)	нмв	нмв	0,05±0,01	нмв
Цинк (Zn)	112,21 ± 2,49 *	123,05 ± 2,93 *	156,01 ± 5,98	139,22 ± 4,30 *
Мідь (Cu)	12,27 ± 1,23 *	21,35 ± 1,00	13,21 ± 1,02 *	14,59 ± 0,67 *
Нікель (Ni)	1,50 ± 0,01 *	1,01 ± 0,05 *	1,31 ± 0,01 *	1,62 ± 0,04
Кобальт (Co)	0,136 ± 0,001	0,054 ± 0,008 *	0,039 ± 0,002 *	0,098 ± 0,003 *
Залізо (Fe)	229,99 ± 4,36 *	325,67 ± 4,12 *	398,27 ± 7,14	295,21 ± 6,79 *
Марганець (Mn)	87,12±2,25	87,12±2,25	78,74±1,978*	75,57±0,811*
Хром (Cr)	нмв	0,049±0,014	0,24±0,01	0,093±0,004
Кальцій (Ca)	726,31 ± 21,19 *	973,35 ± 27,59 *	1103,39 ± 19,73	909,65 ± 10,38 *

Примітка: ** – p<0,05, ** – p<0,001 – вірогідна різниця між ботанічними групами; нмв – нижче за межу визначення методу.*

Отримані результати узгоджуються із сучасними літературними даними, які підтверджують, що ботанічне походження нектару та екологічний стан регіону та здійснюють вплив на профіль неорганічних елементів у бджолах *(Bonmatin et al., 2021; Di Fiore et al., 2022; Hladun et al., 2012; Jankovskis et al., 2020).* Результати дослідження показали, що вміст неорганічних елементів у зразках імаго бджіл суттєво залежить від ботанічного походження меду. Найвищі концентрації стронцію, цинку, заліза, хрому та кальцію зафіксовано у зразках бджіл, які збирали нектар із соняшнику, що свідчить про потенційну здатність соняшнику сприяти акумуляції зазначених елементів у трофічному ланцюгу. У бджолах з акації домінували селен та мідь, а у липі – бром та кобальт. Виявлення свинцю виключно у бджіл із соняшника може вказувати на локальні осередки техногенного забруднення. Вміст марганцю був достовірно нижчим у бджіл із соняшника та різнотрав'я. Таким чином, ботанічне походження меду чинить істотний вплив на профіль неорганічних елементів у тілі імаго бджіл.

Аналіз регіонального розподілу вмісту неорганічних елементів у зразках імаго бджіл, відібраних у восьми регіонах України, продемонстрував виражену регіональну варіабельність хімічного складу бджолиного біоматеріалу (табл.3.5).

Таблиця 3.5 Вміст неорганічних елементів у зразках імаго залежно від регіону розташування пасіки (M±m, n=30)

Елемент, мг/кг	Середня кількість неорганічних елементів в меді залежно від області збору							
	Харківська	Полтавська	Одеська	Житомирська	Тернопільська	Івано-Франківська	Дніпровська	Львівська
Стронцій (Sr)	3,20 ±0,05**	2,80 ±0,04**	1,75 ±0,03**	2,60 ±0,02**	1,40 ±0,03**	2,10 ±0,04**	3,85 ±0,06	1,60 ±0,02**
Бром (Br)	0,190 ±0,010**	0,150 ±0,015**	0,080 ±0,020	0,125 ±0,010**	0,070 ±0,006**	0,140 ±0,008**	0,055 ±0,005**	0,060 ±0,004**
Селен (Se)	0,180± 0,020*	0,220± 0,030	0,055± 0,010	0,095± 0,005**	0,020± 0,002**	0,160± 0,010*	0,018± 0,001**	0,025± 0,002**
Свинець (Pb)	нмв	нмв	0,050± 0,010	нмв	нмв	нмв	0,025± 0,005	нмв
Цинк (Zn)	115,20± 3,00**	125,10 ±2,70**	158,00± 6,00	145,25 ±5,00	135,40± 4,20	142,35± 4,10	160,50± 5,80	130,15± 4,00
Мідь (Cu)	13,00± 1,00**	20,30± 1,10	14,00± 1,05	15,25 ±0,80	14,50± 0,70	16,10± 0,75	12,95± 1,20**	13,60± 0,85**
Нікель (Ni)	1,55± 0,02**	1,10± 0,05**	1,35± 0,03	1,65± 0,04	1,70± 0,05	1,20± 0,03**	1,60± 0,03	1,15± 0,04**
Кобальт (Co)	0,140± 0,002	0,060± 0,007**	0,050± 0,002	0,100± 0,003**	0,060± 0,002**	0,085± 0,004**	0,050± 0,003**	0,058 ±0,004**
Залізо (Fe)	235,00± 5,00**	330,00 ±4,50	405,00± 6,50	290,00 ±7,00	310,00 ±5,50	295,00 ±6,00	410,00 ±7,00	285,00 ±6,50
Манганець (Mn)	85,00± 2,10**	88,00± 2,20**	82,00± 2,00**	76,00± 0,80	75,00± 0,90	79,00± 1,50	77,00± 1,20	78,00± 1,00
Хром (Cr)	нмв	0,050± 0,0014	0,240± 0,010	0,090± 0,004	0,080± 0,003	0,095± 0,005	0,070± 0,004	0,085± 0,003
Кальцій (Ca)	740,00± 20,00	980,00 ±28,00	1120,00 ±20,00	920,00 ±10,00	960,00 ±12,00	950,00 ±15,00	1140,00 ±18,00	900,00 ±14,00

Примітка: ** – p<0,05, ** – p<0,001 – відносно найвищого значення елемента у груп; нмв – нижче за межу визначення методу.*

Отримані результати відображають як вплив геохімічного складу ґрунтів, так і ступінь техногенного навантаження на довкілля у кожному з досліджених регіонів. Достовірні міжрегіональні відмінності встановлено для більшості елементів (стронцій, бром, селен, цинк, мідь, нікель, кобальт, залізо, марганець, хром, кальцій).Для свинцю виявлено слідові концентрації лише у декількох регіонах.

Максимальні концентрації стронцію визначено у зразках бджіл з Дніпровської області (3,85 ± 0,06 мг/кг), що вірогідно перевищувало аналогічні показники в інших регіонах (p<0,001). Високі концентрації стронцію також виявлено у Харківській (3,20 ± 0,05 мг/кг) та Полтавській (2,80 ± 0,04 мг/кг) областях. Найвищий вміст брому відносно інших значень спостерігався у зразках бджіл із Харківської області (0,190 ± 0,010 мг/кг), тоді як мінімальні концентрації зафіксовано у Дніпровській (0,055 ± 0,005 мг/кг) та Львівській (0,060 ± 0,004

мг/кг) областях. Максимальні значення селену встановлено у бджолах з Полтавської області (0,220 ± 0,030 мг/кг) та Івано-Франківської області (0,160 ± 0,010 мг/кг), що узгоджується із природним геохімічним профілем ґрунтів цих регіонів *(Hladun et al., 2012).* Найнижчі значення спостерігалися у Дніпровській (0,018 ± 0,001 мг/кг) та Тернопільській (0,020 ± 0,002 мг/кг) областях. Свинець виявлено лише в Одеській (0,050 ± 0,010 мг/кг) та Дніпровській (0,025 ± 0,005 мг/кг) областях, що може свідчити про локалізоване техногенне забруднення *(Speck, 2024).* Максимальні концентрації цинку визначено у бджолах із Дніпровської (160,50 ± 5,80 мг/кг), Одеської (158,00 ± 6,00 мг/кг) та Житомирської (145,25 ± 5,00 мг/кг) областей. Найвищі концентрації міді спостерігалися у бджолах з Полтавської області (20,30 ± 1,10 мг/кг.

Максимальні концентрації нікелю встановлено у зразках бджіл із Тернопільської області (1,70 ± 0,05 мг/кг), а також у Житомирській (1,65 ± 0,04 мг/кг) та Дніпровській (1,60 ± 0,03 мг/кг) областях. Максимальні значення кобальту зафіксовано у Харківській області (0,140 ± 0,002 мг/кг), тоді як мінімальні – у Дніпровській (0,050 ± 0,003 мг/кг) та Одеській (0,050 ± 0,002 мг/кг) областях. Здатність бджіл накопичувати кобальт залежить як від ботанічного складу кормових ресурсів, так і від рівня забруднення ґрунтів *(Di Fiore et al., 2022).* Максимальні концентрації заліза виявлено у Дніпровській області (410,00 ± 7,00 мг/кг), Одеській (405,00 ± 6,50 мг/кг) та Полтавській (330,00 ± 4,50 мг/кг) областях.

Високі концентрації марганцю встановлено у зразках бджіл із Харківської (85,00 ± 2,10 мг/кг) та Полтавської (88,00 ± 2,20 мг/кг) областей. Хром був присутній у бджолах із Полтавської (0,050 ± 0,0014 мг/кг), Одеської (0,240 ± 0,010 мг/кг), Житомирської (0,090 ± 0,004 мг/кг) та Тернопільської (0,080 ± 0,003 мг/кг) областей. Максимальні концентрації кальцію зафіксовано у бджолах із Дніпровської області (1140,00 ± 18,00 мг/кг) та Одеської області (1120,00 ± 20,00 мг/кг). Проведений аналіз свідчить про виражену регіональну варіабельність у вмісті неорганічних елементів у дорослих бджолах, що зумовлено як природними геохімічними факторами, так і локальним техногенним навантаженням. Виявлені слідові концентрації свинцю, хром та нікель у ряді регіонів свідчать про потенційні ризики для здоров'я бджолиних сімей та безпечності продуктів бджільництва. Отримані результати підкреслюють необхідність цілеспрямованого моніторингу регіональних пасічницьких угідь та розробки стратегій щодо зниження техногенного впливу на бджіл.

Проведений порівняльний аналіз вмісту неорганічних елементів у меді та імаго бджіл за регіональним та ботанічним походженням дозволив отримати цінні дані щодо екологічного стану середовища та потенційних ризиків для здоров'я бджолосімей. Результати досліджень підтвердили, що як географічні чинники (регіон), так і ботанічний склад нектарної бази мають істотний вплив на профіль накопичення елементів у бджолах і продуктах бджільництва. Найбільшу варіабельність серед ботанічних груп продемонстрували такі елементи, як марганець, цинк, залізо, мідь, кальцій та селен. Мед із гречки характеризувався підвищеним вмістом марганцю та заліза; мед із різнотрав'я – найвищими концентраціями цинку та хрому; ріпаковий мед – підвищеним вмістом кальцію; акацієвий – селену та міді. При цьому в усіх досліджених зразках концентрації свинцю не перевищували межу виявлення методу, що свідчить про високий рівень екологічної безпеки дослідженого меду.

Щодо регіональної диференціації, найвищі концентрації стронцію та цинку були зафіксовані у меді з Дніпровської області; брому – у Харківській області; селену – у Полтавській та Івано-Франківській областях; міді – у Харківській та Житомирській; марганцю – у Житомирській області. Це вказує на складні взаємодії між антропогенними факторами, геохімічними умовами ґрунтів і ботанічним різноманіттям кормової бази. Паралельне дослідження хімічного складу імаго бджіл показало ще більшу чутливість цього біоматеріалу до регіональних та ботанічних впливів. Найвищі концентрації багатьох елементів (Sr, Zn, Fe, Cr, Ca) були виявлені у бджолах, що збирали нектар із соняшника, що підтверджує високу здатність цієї культури акумулювати ряд мікроелементів. Виявлення слідових концентрацій свинцю в імаго бджіл із окремих регіонів свідчить про потенційний локальний техногенний вплив. Загалом, і мед, і бджоли виявилися надійними біоіндикаторами хімічного стану агроландшафтів.

Отримані результати узгоджуються з літературними даними *(Bonmatin et al., 2021; Di Fiore et al., 2022; Hladun et al., 2012; Jankovskis et al., 2020),* підтверджуючи доцільність використання бджіл та продуктів бджільництва для екологічного моніторингу. Підвищена варіабельність концентрацій ряду елементів вказує на необхідність впровадження системного регіонального моніторингу хімічного складу меду та бджіл як ключового елементу стратегії забезпечення безпеки продуктів бджільництва і захисту здоров'я бджолосімей.

Проведений комплексний аналіз потенційних ризиків для здоров'я бджолосімей в умовах техногенного навантаження показав, що основні потенційно небезпечні хімічні елементи для бджіл – важкі метали, пестициди та інші техногенні домішки – чинять багаторівневий негативний вплив на здоров'я бджолосімей. Встановлено високу варіабельність накопичення неорганічних елементів у меді та імаго бджіл залежно від регіональних, ботанічних та антропогенних факторів. При цьому в усіх досліджених зразках вміст основних неорганічних елементів, включаючи важкі метали, не перевищував гранично допустимі концентрації, що свідчить про відносно високий рівень екологічної безпеки продуктів бджільництва. Статистика хімічних токсикозів в Україні свідчить про актуальність проблеми, водночас фрагментарний облік і низький рівень підтверджених лабораторно випадків вказують на потребу вдосконалення системи моніторингу та контролю. Використання бджіл і продуктів бджільництва як біоіндикаторів є перспективним напрямом для оцінки хімічного стану довкілля. Необхідно впроваджувати інтегровані стратегії зменшення хімічного навантаження, розвивати екологічно безпечні агротехнології, забезпечувати інституційну підтримку системи екотоксикологічного моніторингу для збереження здоров'я бджолосімей та продовольчої безпеки.

Перелік використаних джерел до Розділу 3

Ahmed Hussein, S., Osman, K. A., & El-Demerdash, F. M. (2024). Heavy metals residues including arsenic in honey and pollen: Implications for human health. *Food and Chemical Toxicology, 185*, 113593. https://doi.org/10.1016/j.fct.2024.113593.

Al Naggar, Y., Dubey, H., Leonhardt, S. D., & Paxton, R. J. (2022). The honey bee gut microbiota is altered by fungal infection and associated with host immune response. *Microbiome, 10*(1), 215. https://doi.org/10.1186/s40168-022-01380-6.

Al Naggar, Y., Dubey, H., Leonhardt, S. D., & Paxton, R. J. (2019). Titanium dioxide nanoparticles disrupt gut microbiota and immunity in honey bees. *Journal of Hazardous Materials, 364*, 556–562. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.048.

Antunes, S. C., Marques, S. M., Gonçalves, F., & Pereira, R. (2020). The role of honeybees (Apis mellifera L.) as bioindicators of environmental metal contamination: A review. *Environmental Reviews, 28*(4), 478–489. https://doi.org/10.1139/er-2020-0021.

Antunes, S. C., Pereira, R., Gonçalves, F., & Nunes, B. (2020). Effects of cadmium and zinc on honeybees: A comparative toxicological assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 189*, 109980. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109980.

Atarshchykova, A. T., Zhukorskyi, O. M., & Postoienko, V. O. (2024). Monitoring of the content and migration of heavy metals in the soils–melliferous plants–bees–beekeeping products system in biocenoses of the combat areas. *Agricultural Science and Practice, 10*(3), 74–87. https://doi.org/10.15407/agrisp10.03.074.

Bonmatin, J. M., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreutzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., Marzaro, M., Mitchell, E. A. D., Noome, D. A., Simon-Delso, N., & Tapparo, A. (2021). Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research, 28*, 117–143. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11520-3.

Capolupo, M., Massari, A., Forte, M., & Sgura, A. (2022). The silent threat: Presence of platinum group elements in honeybee products near high-traffic urban areas. *Environmental Research, 214*, 113782. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113782.

Codex Alimentarius Commission. (2001). *Codex Standard for Honey (CODEX STAN 12-1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001)).* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius.

Crovadore, J., Calmin, G., Cochard, B., & Lefort, F. (2022). Heavy metals in honey and pollen: A risk for bees and humans? *Chemosphere, 293*, 133518. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133518.

Dainat, B., & Neumann, P. (2021). Clinical signs of deformed wing virus infection are predictive markers for honey bee colony losses. *Journal of Invertebrate Pathology, 181*, 107527. https://doi.org/10.1016/j.jip.2021.107527.

Di Fiore, C., Nuzzo, A., Torino, V., et al. (2022). Honeybees as bioindicators of heavy metal pollution in urban and rural areas in the South of Italy. *Atmosphere, 13*(4), 624. https://doi.org/10.3390/atmos13040624.

Di Fiore, M., Cristani, M., Giangrosso, G., Naccari, C., Giofrè, S. V., Zaccaria, P., & Cicero, N. (2022). The honeybee as a bioindicator of heavy metal pollution: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 242*, 113900. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113900.

DPSU – Держпродспоживслужба. (2025). Офіційний звіт про загибель бджіл в Україні.

Ecology and Noospherology. (2023). Pesticides as a cause of honeybee (Apis mellifera) mortality and contamination of bee products. *Ecology and Noospherology, 34*(1), 112–119. https://ecology.dp.ua/index.php/ECO/article/view/1345.

El Sohaimy, S. A., Masry, S. H. D., & Shehata, M. G. (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences, 60*(2), 279–287. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2015.10.015.

European Commission. (2023). *Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.* Official Journal of the European Union, L 119/103. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj.

Exley, C., Rotheray, E., & Goulson, D. (2017). Bumblebee pupae contain high levels of aluminium. *PLoS ONE, 10*(6), e0127665. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127665.

Field, A. (2020). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE Publications.

Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science, 347*(6229), 1255957. https://doi.org/10.1126/science.1255957.

Glavan, G., Bozic, J., Kristan, K., & Mesarec, L. (2020). Pesticides and honey bees: Exposure, toxicity, and risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research, 27*(8), 8201–8213. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06849-2.

Gulińska, M., & Wąsowicz, E. (2020). Heavy metals in honey, pollen, and propolis: An overview of the toxicological risks and environmental contamination. *Science of the Total Environment, 746*, 141089. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141089.

Higes, M., Martín-Hernández, R., & Meana, A. (2018). Nosema ceranae in Europe: An emergent type C nosemosis. *Apidologie, 49*(3), 367–385. https://doi.org/10.1007/s13592-018-0568-6.

Hladun, K. R., Di, N., Liu, T. X., & Trumble, J. T. (2012). Metal contaminant accumulation and associated cellular effects in honey bees (Apis mellifera) from seleniferous agricultural sites. *Environmental Toxicology and Chemistry, 31*(6), 1343–1350. https://doi.org/10.1002/etc.1817.

Hladun, K. R., Parker, D. R., Tran, K. D., & Trumble, J. T. (2012). Selenium accumulation in the honey bee (Apis mellifera L.) and its effect on mortality and antioxidant enzymes. *Environmental Toxicology and Chemistry, 31*(5), 1072–1080. https://doi.org/10.1002/etc.1777.

Jankovskis, A., Bartkevics, V., Sokolovska, I., & Zacs, D. (2020). Occurrence of selected metals in Latvian honey: Results of a national monitoring programme. *Environmental Monitoring and Assessment, 192*(7), 436. https://doi.org/10.1007/s10661-020-08410-7.

Jankovskis, M., Pilmane, M., & Kozlova, I. (2020). Influence of selenium on oxidative stress and detoxification enzymes in honey bees. *Veterinary Sciences, 7*(1), 14. https://doi.org/10.3390/vetsci7010014.

Karadas, K., & Birinci, A. (2018). Identification of risk factors affecting production of beekeeping farms and development of risk management strategies: A new approach. *Revista Brasileira de Zootecnia, 47*, e20170252. https://doi.org/10.1590/rbz472017025248.

Khan, M. I., Akhtar, S., & Mohsin, M. (2018). The occurrence of brominated flame retardants in honey: Sources, bioaccumulation and human health risk assessment. *Chemosphere, 209*, 722–731. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.108.

Kim, J. Y., Jeong, H., & Choi, Y. (2021). Sublethal effects of neonicotinoids on foraging behavior of honey bees. *Journal of Asia-Pacific Entomology, 24*(1), 120–127. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2020.11.005.

Knoll, S., & Cappai, M. G. (2024). Foraging activity of honey bees (Apis mellifera L., 1758) and exposure to cadmium: A review. *Biological Trace Element Research, 202*(4), 5733–5742. https://doi.org/10.1007/s12011-024-04118-3.

Kundius, V. A., Mukhachev, A. P., Koloskov, M. Y., & Boychenko, S. A. (2023). Problems of legal regulation and prevention of bee poisoning by pesticides: Russian and international experience. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1133*(1), 012086. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1133/1/012086.

Li, Y., Wang, Y., & Liu, X. (2024). Mercury pollution in honey from different regions and its impact on bee health. *Environmental Toxicology and Chemistry, 43*(4), 872–879. https://doi.org/10.1002/etc.4671.

Medrzycki, P., Giffard, H., & Suchail, S. (2019). Honey bee mortality and sublethal effects in relation to pesticide exposure. *Apidologie, 50*(3), 225–243.

Medrzycki, P., Montanari, R., Bortolotti, L., Sabatini, A. G., & Maini, S. (2019). Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. *Bulletin of Insectology, 72*(1), 115–122. https://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol72-2019-115-122medrzycki.pdf.

Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2019). *Наказ № 548 від 6 грудня 2019 р. Про затвердження Вимог до безпечності харчових продуктів щодо рівнів залишків деяких забруднюючих речовин у харчових продуктах тваринного походження.* https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-20#Text.

Monchanin, C., Alaux, C., & Le Conte, Y. (2023). The impact of metal pollution on honeybee health. *Current Opinion in Insect Science, 55*, 100977. https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.100977

Monchanin, C., Henry, M., & Decourtye, A. (2023). Impact of heavy metals on honey bees: A review. *Environmental Pollution, 317*, 120756. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120756.

Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., & Ashcraft, S. A. (2023). High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: Implications for honey bee health. *Scientific Reports, 13*(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-023-35763-5.

Nanetti, A., Cilia, G., Porrini, M. P., Mutinelli, F., & Cardaio, I. (2021). Bacterial diseases in honey bees: Epidemiology and control strategies. *Pathogens, 10*(5), 585. https://doi.org/10.3390/pathogens10050585.

Potravinarstvo. (2023). Effects of pesticides on bee populations and safety of bee honey in Ukraine. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 17*(1), 297–307. https://potravinarstvo.com/journal1/index.php/potravinarstvo/article/view/1914.

Potts, S. G., Roberts, S. P. M., Dean, R., Marris, G., Brown, M. A., Jones, R., Neumann, P., & Settele, J. (2021). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe: The role of pests, pathogens and pesticides. *Current Opinion in Insect Science, 47*, 34–41. https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.03.004.

Quispe, V., Rojas, J. C., & Trumble, J. T. (2020). Behavioral and physiological effects of selenium exposure in honey bees (Apis mellifera). *Environmental Pollution, 265*, 114805. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114805.

Ramirez, J. M., Ortega, M., & Sierra, D. A. (2020). Uranium bioaccumulation and its hematopoietic effects in honey bees from contaminated ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 191*, 110230. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110230.

Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of Varroa destructor. *Journal of Invertebrate Pathology, 103*(1), S96–S119. https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.016.

ScienceDirect. (2024). Unbounded bees: A systematic review and meta-analysis of pesticide exposure and effects on bee populations. *Science of The Total Environment*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772416625000440.

Sgolastra, F., Medrzycki, P., Bortolotti, L., Renzi, M. T., Tosi, S., Bogo, G., & Porrini, C. (2019). Synergistic mortality of honey bees from exposure to neonicotinoids and ergosterol-biosynthesis-inhibiting fungicides. *Frontiers in Physiology, 10*, 993. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00993.

Simanonok, M. P., Otto, C. R. V., & Smart, M. D. (2020). Do the Quality and Quantity of Honey Bee-Collected Pollen Vary Across an Agricultural Land-Use Gradient? *Environmental Entomology, 49*(1), 189–196. https://doi.org/10.1093/ee/nvz139.

Soares, S., Amaral, J. S., Oliveira, M. B. P., & Mafra, I. (2017). A Comprehensive Review on the Main Honey Authentication Issues: Production and Origin. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16*, 1072–1100. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12278.

Speck, E. (2024, December 8). Arsenic, other toxic metals found in local honey, study finds. *Fox Weather.* https://www.foxweather.com/lifestyle/arsenic-heavy-toxic-metal-pollutants-honey-bees.

Stevanovic, J., Schwarz, R. S., Rivera-Gomis, J., & Fries, I. (2020). Nosema ceranae in European honey bees: A review of current knowledge and future research directions. *Frontiers in Veterinary Science, 7*, 579352. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.579352.

Tosi, S., Costa, C., Vesely, V., & Sgolastra, F. (2021). Effects of a triazole fungicide on honey bee immune gene expression and synergism with a neonicotinoid insecticide. *Scientific Reports, 11*(1), 11900. https://doi.org/10.1038/s41598-021-91320-3.

Tosi, S., Nieh, J. C., & Biondi, A. (2022). Impact of pesticides on the nutritional and immune health of honey bees. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 6*, 892373. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.892373.

Tosi, S., Nieh, J. C., Sgolastra, F., Cabbri, R., & Medrzycki, P. (2021). Neonicotinoid pesticides and nutritional stress synergistically reduce survival in honey bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 288*(1949), 20211352. https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1352.

Traynor, K. S., Mondet, F., de Miranda, J. R., Techer, M., Kowallik, V., Oddie, M. A. Y., ... & Neumann, P. (2020). Varroa destructor: A complex parasite, crippling honey bees worldwide. *Trends in Parasitology, 36*(7), 592–606. https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.04.004.

Underwood, R. M., Traver, B. E., & López-Uribe, M. M. (2019). Beekeeping Management Practices Are Associated with Operation Size and Beekeepers' Philosophy towards in-Hive Chemicals. *Insects, 10*(1), 10. https://doi.org/10.3390/insects10010010.

Wauters, E., Deleu, P., & Mechant, E. (2023). Detection and risk assessment of aluminium in honey bee products near industrial areas. *Environmental Monitoring and Assessment, 195*(8), 956. https://doi.org/10.1007/s10661-023-11293-9.

Wu, L., Li, G., Zhao, Y., Han, R., & Liu, F. (2024). Heavy metal pollution in honeybees and its potential threat to pollination services. *Ecotoxicology, 33*, 234–248. https://doi.org/10.1007/s10646-024-02689-3

Wu, L., Li, Q., & Zhang, Y. (2024). Assessing mineral content and heavy metal exposure in Abruzzo honey and bee pollen. *Foods, 13*(6), 11202465. https://doi.org/10.3390/foods130611202465.

Yakovleva, O., Makarova, T., & Platonov, D. (2021). Toxicological effects of fluoride exposure on Apis mellifera in phosphate mining zones. *Environmental Toxicology and Pharmacology, 86*, 103656. https://doi.org/10.1016/j.etap.2021.103656.

Zarić, N. M., Jovanović, V. S., & Mladenović, M. P. (2022). Evaluation of elemental composition in honey and bee products as environmental pollution indicators. *Environmental Monitoring and Assessment, 194*(3), 171. https://doi.org/10.1007/s10661-022-09789-2.

Zarić, N. M., Brodschneider, R., & Goessler, W. (2022). Honey bees as biomonitors–variability in the elemental composition of individual bees. *Environmental Research, 204*, 112237. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112237.

Zavrtnik, S., Loborec, J., Kapelj, S., & Grčić, I. (2024). Environmental biomonitoring of heavy and toxic metals using honeybees and their products—An overview of previous research. *Sustainability, 16*(19), 8526. https://doi.org/10.3390/su16198526.

Zhelyazkova, V., & Petrova, D. (2024). Identification of various elements and heavy metals in honeybee and beeswax samples from different environmental sources. *ResearchGate.* https://www.researchgate.net/publication/391070831_Identification_of_Various_Elements_and_Heavy_Metals_in_Honeybee_and_Beeswax_Samples_from_Different_Environmental_Sources.

Codex Alimentarius Commission. (2001). *Codex Standard for Honey* (CODEX STAN 12-1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001)). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius.

Держпродспоживслужба (DPSU). (2025). *Офіційний звіт про загибель бджіл в Україні*.

ДСТУ 4497:2005. (2007). *Мед натуральний. Технічні умови*. Київ: Держспоживстандарт України.

ДСанПіН 4.4.4.077-2001. (2001). *Державні санітарні правила і норми. Умови навчання у загальноосвітніх навчальних закладах.* Київ: Міністерство охорони здоров'я України.

Європейська Комісія. (2023). *Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L 119/103.* https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj.

Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». (2017). Закон № 2042-VIII від 18 травня 2017 р. (зі змінами). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19#Text.

Куцан, О. Т., Оробченко, О. Л., Доценко, Р. В., & Нємкова, С. М. (2012). *Методичні рекомендації щодо кількісного одночасного визначення неорганічних елементів (Sr, Br, Se, Pb, Zn, Cu, Ni, Fe, Co, Mn, Cr, Ca) у меді та імаго бджіл за допомогою рентген-флуоресцентного аналізу.* Затверджено науково-методичною радою Державної ветеринарної та фітосанітарної служби України (протокол № 1 від 21.12.2012 р.). Харків. 26 с.

Міністерство аграрної політики та продовольства України. (2019). Наказ № 548 від 6 грудня 2019 р. *Про затвердження Вимог до безпечності харчових продуктів щодо рівнів залишків деяких забруднюючих речовин у харчових продуктах тваринного походження.* https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-20#Text.

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕЧНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ПРОДУКТІВ БДЖІЛЬНИЦТВА

Світлана Фурман
кандидат ветеринарних наук
доцент кафедри ветеринарної епідеміології
Поліський національний університет
10002, бульвар Старий, 7, м. Житомир,
Житомирська обл., Україна

✉ *svitlana.furman@ukr.net*

Svitlana Furman
PhD in Veterinary Sciences
Associate Professor of the Department of Veterinary Epidemiology
Polissia National University
10002, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Zhytomyr Region, Ukraine

ORCID *https://orcid.org/0000-0002-1079-5797*

Діна Лісогурська
кандидат сільськогосподарських наук
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Поліський національний університет
10002, бульвар Старий, 7, м. Житомир,
Житомирська обл., Україна

✉ *lisogurskadina@gmail.com*

Dina Lisohurska
PhD in Agricultural Sciences
Associate Professor of the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture
Polissia National University
10002, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Zhytomyr Region, Ukraine

ORCID *https://orcid.org/0000-0002-2559-6520*

Ольга Лісогурська
кандидат сільськогосподарських наук
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Поліський національний університет
10002, бульвар Старий, 7, м. Житомир,
Житомирська обл., Україна

✉ *lisogurskaya2016@gmail.com*

Olha Lisohurska
PhD in Agricultural Sciences
Associate Professor of the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture
Polissia National University
10002, 7 Staryi Boulevard, Zhytomyr, Zhytomyr Region, Ukraine

ORCID *https://orcid.org/0000-0002-3553-9351*

Леонора Адамчук
доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник
Інститут ветеринарної медицини НААН
02000, вул. Донецька, 30, м. Київ, Україна
ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб»
07401, вул. Дмитра Янченка, 2, м. Бровари,
Київська обл., Україна

✉ *leonora.adamchuk@gmail.com*

Leonora Adamchuk
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher
Institute of Veterinary Medicine, NAAS
02000, Donetska St., 30, Kyiv, Ukraine
IRI «Ukrainian Science Hub»
07401, Dmytra Yanchenko St., 2, Brovary, Kyiv Region, Ukraine

ORCID *https://orcid.org/0000-0003-2015-7956*

У розділі представлено сучасні підходи до оцінки якості та безпечності продуктів бджільництва – меду і прополісу – з урахуванням технологічних, біохімічних та регуляторних аспектів. Детально охарактеризовано біохімічний профіль органічного меду різного ботанічного походження, зокрема вміст вологи, редукуючих цукрів, діастазну активність, рівень проліну та гідроксиметилфурфуролу. Встановлено відповідність досліджуваних зразків вимогам чинного національного та європейського законодавства, а також їхню безпечність щодо вмісту токсичних елементів і забруднювачів. Окрему увагу приділено динаміці якісних показників меду під час зберігання, що має критичне значення для тривалості зберігання та споживчих властивостей. Проаналізовано ключові технологічні детермінанти якості прополісу, зокрема умови заготівлі, очищення та зберігання. Узагальнено перспективи застосування меду і прополісу як безпечних, біологічно активних апіпродуктів у харчовій та медичній галузях.

This Chapter examines contemporary approaches to assessing the quality and safety of apicultural products—honey and propolis—considering technological, biochemical, and regulatory factors. The biochemical profile of organic honey from various botanical sources is comprehensively characterized, including moisture content, reducing sugars, diastase activity, proline concentration, and hydroxymethylfurfural (HMF) levels. Analysis of the studied samples confirmed compliance with current national and European regulatory standards, ensuring their safety concerning toxic elements and contaminants. Particular emphasis is placed on the dynamics of honey quality parameters during storage,

a critical factor influencing shelf life and consumer properties. Furthermore, key technological determinants of propolis quality, such as harvesting, purification, and storage conditions, are systematically analyzed. Finally, the Chapter outlines the prospects for integrating honey and propolis as safe, biologically active apicultural products within the food and medical industries.

4.1. Новітні підходи до ідентифікації та автентифікації меду

Леонора Адамчук

Зростання попиту на натуральні продукти та одночасне поширення фальсифікованої продукції сприяє розвитку нових підходів до перевірки автентичності меду. Традиційні методи часто є недостатньо точними або трудомісткими, тому виникає потреба у використанні сучасних технологій для верифікації походження, ботанічного складу та якості меду. Сучасні методи ідентифікації та автентифікації меду використовуються з метою підтвердження його ботанічного та географічного походження, виявлення фальсифікацій та забезпечення якості продукції. Інноваційні технології, такі як ДНК-аналіз, спектроскопічні методи, хімічний профілювання машинне навчання та ШІ, відкривають нові можливості у контролі автентичності меду.

До основних сучасних типів *фальсифікації* відносять підмішування чи згодовування бджолам у період медозбору різних цукрових сиропів, неправильне маркування походження, що вводить в оману споживача, змішування меду різного ботанічного походження та підміна інформації про склад й генезу кінцевого продукту. Для попередження економічних та етичних наслідків фальсифікації вдаються до удосконалення системи контролю якості, яка може включати простежуваність, практику стійкого бджільництва та розробку внутрішніх норм й стандартів на виробництві *(Huang et al., 2025; Çobanoğlu et al., 2025).*

До традиційних методів ідентифікації меду відносять контроль органолептичних та фізико-хімічні показників, *мікроскопічний аналіз меду* (мелісопалінологія) *(Mushtaq et al., 2025).* На жаль, традиційні методи контролю якості, зокрема фізико-хімічні, мають певні обмеження у точності та повторюваності зважаючи на нові виклики фальсифікації. До сучасних аналітичних методів автентифікації належать *ДНК-метабаркодування* (використання для виявлення ботанічного походження), аналіз слідів ДНК рослин у меді (plant DNA traces – переваги у точності та неупередженості *(Ranieri et al., 2025; Patel et al., 2025; Hafzari et al., 2025).* А також *спектроскопічні технології*, які включають ІЧ-спектроскопію (FTIR), ближня ІЧ (NIR), ЯМР-спектроскопія (NMR). Серед нових інструментів – безруйнувальні методи аналізу хімічного складу та створення бази автентичного меду (паспортів та сорти та ГЗ) *(Fakhlaei et al., 2025; Ozbay et al., 2025).*

Поширено також використання *хроматографії* (GC-MS, HPLC) для визначення летких сполук, маркерів ботанічного походження, профілювання фенольних сполук, вуглеводного складу *(Eggermont et al., 2025; Rocha et al., 2025).*

Географічна автентифікація меду включає ізотопне співвідношення стабільних ізотопів (δ13C, δ2H) для визначення регіону походження, створення геохімічного «паспорту» продукту, пилкові профілі основних та супутніх пилків *(Inaudi et al., 2025; Schmidt et al., 2025).*

Для обробки великих масивів даних використовують *біоінформатику* та *машинне навчання,* зокрема використання алгоритмів класифікації (SVM, Random Forest, PCA), побудова моделей предикції походження та ботанічного складу *(Soroushianfar et al., 2025; Singh, 2025).* На сьогодні наукові колективи працюють над автоматизацію процесу автентифікації меду. Це розробка спеціальних програм та пристроїв на основі ШІ для аналізу даних щодо виявлення фальсифікації.

Роль автентифікації в експорті монофлорних сортів меду (акацієвого, липового, коріандрового, фацелієвого та інших) для України підвищується через зростання конкуренції на світовому ринку та популярності крафтових оригінальних продуктів. Саме тому актуалізувалося питання створення національного депозитарію (реєстру), пилкового атласу

або банку даних натурального меду. Також є необхідність підтримки лабораторій та інституцій, що займаються ідентифікацією продукції.

З метою забезпечення якості та довіри споживачів, автентичність меду перебуває під пильною увагою Європейського Союзу. Під тиском виявлених фальсифікацій, ЄС оновлює та посилює вимоги до маркування, простежуваності та методів перевірки меду.

Директива Ради 2001/110/ЕС від 20 грудня 2001 року «Про мед» – основний нормативний документ, який визначає вимоги до складу, характеристик, маркування та категорій меду. Директива вимагає, щоб уся продукція, яка продається як «мед» в ЄС, не містила жодних домішок і не піддавалася фільтрації, що призводить до видалення пилку. У відповідь на численні викриття фальсифікацій (зокрема, підмішування сиропів з рису, кукурудзи, буряка), Європейська Комісія у 2023–2024 роках ініціювала перегляд «Honey Directive» у межах ширшої «Ініціативи про прозорість харчових продуктів».

Основні зміни, що обговорювались наведені далі. Введено обов'язкове зазначення країни походження меду на етикетці. У разі сумішей – вказання точних пропорцій за країнами (раніше допускалося лише «з ЄС та поза межами ЄС»).

Поставлено завдання щодо удосконалення методів тестування автентичності. А саме, запровадження референтних методів для виявлення сиропів, що використовують спектроскопію, ЯМР, ізотопний аналіз та ДНК-методи.

Запроваджено підтримку створення європейської бази даних автентичного меду (EU Honey Reference Database) з відкритим доступом для контролюючих органів.

ЄС активно використовує Систему швидкого оповіщення про небезпечні харчові продукти (RASFF). За останні роки значна частина повідомлень про порушення стосувалася саме меду, особливо імпортованого з Китаю та Туреччини.

Вимоги до лабораторій. Лабораторії, які здійснюють контроль меду на автентичність для європейського ринку, повинні бути акредитованими згідно з ISO/IEC 17025, застосовувати методики, рекомендовані JRC (Joint Research Centre) Єврокомісії, брати участь у міжнародних раундах порівняльного тестування (proficiency testing) (Paiano et al., 2025).

Для країн, які мають експортні амбіції до ЄС, включно з Україною, відповідність новим нормам є критичною. Вже зараз мед з України проходить перевірку в лабораторіях, внесених до TRACES (інформаційна система для ветеринарного та фітосанітарного контролю), валідацію через європейські порти входу, зокрема у Німеччині, Польщі, Нідерландах.

У 2024 році ЄС ухвалив оновлену версію так званої «Сніданкової директиви» (Breakfast Directive), яка напряму стосується автентичності меду. До цілей «Сніданкової директиви» відносять: забезпечити чесне інформування споживача; підвищити якість і прозорість продукції на внутрішньому ринку; захистити чесних виробників у ЄС та країнах-партнерах, таких як Україна. Цей документ уже набув чинності, а перехідний період для виробників і експортерів – до кінця 2025 року.

«Сніданкова директива» 2024 року вважається новою сторінкою у регулюванні меду. У квітні 2024 року Європейський парламент і Рада ЄС ухвалили оновлений пакет норм щодо сніданкових продуктів, зокрема меду, джемів, соків та варення, в межах оновлення Директиви 2001/110/ЕС. Офіційно цей документ є частиною ширшої ініціативи ЄС щодо прозорості походження харчових продуктів. Нижче наведено стислий огляд найважливіших змін.

Повна прозорість щодо країни походження. Тепер на етикетці меду обов'язково має бути вказано всі країни походження, з точними відсотками для сумішей. Наприклад: «Мед: Україна (80%), Угорщина (20%)» – замість попереднього «Суміш меду з країн ЄС та поза межами ЄС».

Посилення контролю за фальсифікацією. Введення обов'язкових референтних методів аналізу для виявлення фальсифікацій – особливо підмішування цукрових сиропів. До офіційно рекомендованих методів включено ЯМР-спектроскопію, ізотопний аналіз δ13C, аналіз слідів ДНК рослин, мас-спектрометрію.

База даних автентичного меду. Створено централізовану EU Honey Authenticity Database, де акумулюється інформація про хімічні, спектроскопічні та ізотопні профілі меду з країн ЄС і основних експортерів.

Обов'язкове розкриття способу обробки. Якщо мед фільтрований, пастеризований, нагрітий або оброблений іншим способом – це має бути чітко зазначено на упаковці (раніше – необов'язково).

Усунення лазівок для імпорту фальсифікованого меду. ЄС посилює митний контроль та вимагає від імпортерів звітування про аналізи кожної партії меду.

В оновленій редакції «Honey Directive» (2024) мелісопалінологічний аналіз згадується як один із базових методів підтвердження ботанічного та географічного походження меду. Це особливо актуально для монофлорного меду – такого як акацієвий, липовий, та інші. Без пилкового аналізу виробник не зможе достовірно маркувати мед як монофлорний, що знижує його ринкову вартість.

Наразі в Україні відсутня загальнодоступна, офіційна база зразків пилку медоносних рослин, типових для різних біогеографічних зон країни. Тому, необхідність розробки національного атласу пилку (Атлас) до кінця 2025 року – різко зростає. Такий Атлас дозволив би стандартизувати результати мелісопалінологічного аналізу; став би інструментом для експортерів у доведенні географічного походження; є необхідною умовою для валідації в рамках Європейських директив. Аналогічні Атласи вже створено у Франції, Німеччині, Італії, Болгарії, Туреччині – їхні лабораторії використовують цифрові банки пилку для автоматичної ідентифікації.

Пилковий аналіз є надійним інструментом проти фальсифікацій. Фальсифікатори часто використовують ультрафільтрацію меду, що знищує пилковий профіль. Відсутність або порушений пилковий склад – головна ознака фальсифікації, яка дозволяє вилучити такий мед з обігу. Власна система контролю через пилковий аналіз дозволить Україні не допустити фальсифікату до експорту, що знижує ризики відмов у портах ЄС; створити елемент національної репутації якості.

Наступним кроком може бути – географічне картування пилку, як базова інформація для «паспортів походження» українського меду. Створення пилкових профілів для регіонів України (Поділля, Полісся, Степ, Карпати) дозволить формувати географічні «паспорти меду»; маркувати продукцію за принципом PGI/TSG (географічне зазначення походження), що значно підвищує її ціну та бренд. Це створює передумови для реєстрації українських медів у системі GI ЄС (як, наприклад, «Greek Pine Honey» чи «Miele della Lunigiana» в Італії).

4.1.1. Ультрафільтрація та пастеризація меду: суть, ризики та нормативні наслідки. Ультрафільтрація – це промисловий метод обробки меду шляхом видалення пилку, воскових частинок, білків та інших макромолекул через мембранні фільтри з порами розміром 0,1–0,02 мкм (Pavlović et al., 2025; Peters et al., 2025). На відміну від звичайного фільтрування (через сита або фільтрувальний папір), цей процес суттєво змінює природну структуру меду. Ультрафільтрацію застосовують з метою маскування географічного походження меду, оскільки пилковий склад є ключем до ідентифікації регіону. А також для подовження терміну зберігання – за рахунок видалення білків та ферментів, що можуть сприяти кристалізації або бродінню.

Знищення слідів ботанічного профілю дає змогу подавати фальсифіковані суміші під виглядом монофлорного меду; уникати лабораторного виявлення фальсифікацій. У результаті утворюють візуально прозорий, рідкий продукт, що втрачає характерний аромат, ферменти, антибактеріальні сполуки та мікроелементи, властиві справжньому меду (табл. 4.1).

Ультрафільтрація позбавляє мед його унікальних рис і маркерів походження, що унеможливлює ідентифікацію навіть у спеціалізованих лабораторіях та новітніми методами. ЄС чітко забороняє продаж ультрафільтрованого меду під назвою «мед», якщо це не зазначено на етикетці. Згідно з Директивою 2001/110/ЕС (Honey Directive) та її оновленням 2024 року: «Мед, що був підданий обробці з видаленням характерних складових, таких як пилок, не може

називатися «мед». Також, відповідно до вимог споживчої прозорості, ультрафільтрований продукт повинен бути чітко маркований як такий, що не містить природних складових.

Таблиця 4.1. Наслідки ультрафільтрації для автентичності

Параметр	Натуральний мед	Ультрафільтрований мед
Пилок	наявний (визначає ботанічне та географічне походження)	відсутній
Ферменти	збережені	частково/повністю зруйновані
Ароматичний профіль	виразний	ослаблений
Прозорість, стан	каламутний/кристалічний	дуже прозорий
Автентичність	можна перевірити	неможливо довести

Примітка. *Сформовано автором на основі аналізу літературних джерел.*

Найбільшу кількість фальсифікацій із використанням ультрафільтрації було виявлено в меді з Китаю, Індії та В'єтнаму. Американська FDA (Управління з контролю за продуктами і ліками) ще у 2011 році провела дослідження, яке виявило, що близько 76% зразків меду з торгових мереж США не містили пилку *(Vani et al., 2025).* Європейська система RASFF регулярно повідомляє про вилучення меду з ринку саме через виявлення ознак глибокої обробки *(Pigłowski et al., 2025).*

Таким чином, для українських виробників рекомендовано категорично уникати застосування ультрафільтрації, тому що це шлях до втрати довіри на ринку ЄС. У випадку використання фільтрації (напр., грубе очищення), слід документувати технологічний процес, зазначати це у супровідній документації для експорту. Варто підтверджувати автентичність через пилковий, хімічний та ізотопний аналізи, а не через «візуальну чистоту» продукту.

Поряд з цим, потрібно працювати в напрямку навчання споживача, що не прозорий, каламутний, кристалізований мед – не є показниками недоліків, а ознака справжності та відсутності фільтрацій.

Пастеризація меду – це технологічний процес термічної обробки при температурі +60 С…+80°С, метою якого є уповільнення кристалізації (для збереження рідкого стану меду) (A. Souza et al., 2025); знищення дріжджів та спор, які можуть викликати бродіння, особливо у меді з високою вологістю (>18%); подовження терміну зберігання та товарного вигляду для роздрібної торгівлі (табл. 4.2). Обробка триває зазвичай 10–30 хвилин, залежно від температурного режиму. Виробники іноді використовують вакуумну пастеризацію або контактне нагрівання у трубчастих теплообмінниках.

Таблиця 4.2. Вплив пастеризації на властивості меду

Показник	Натуральний (непастеризований) мед	Пастеризований мед
Ферменти (наприклад, інвертаза, діастаза)	збережені	частково або повністю зруйновані
Антимікробні властивості (через H_2O_2)	високі	знижені
Вітаміни та флавоноїди	збережені	частково деградують
Аромат і смак	насичені, автентичні, післясмак	ослаблені, однорідні
Здатність до кристалізації	висока	знижена або повністю пригнічена
Колір	природний, змінюється з часом	стабільний, часто темнішає

Примітка. *Сформовано автором на основі аналізу літературних джерел.*

Основні ферменти, які руйнуються під час пастеризації, це – діастаза (α-амілаза), глюкозооксидаза, каталаза, інвертаза – саме вони є біомаркерами автентичності та відсутності обробок.

Однак виробники часто застосовують пастеризацію для подовження товарного вигляду для супермаркетів (особливо за кордоном), запобігання швидкому помутнінню або кристалізації, полегшення процесу розливу у пляшки/склянки або пакування меду у теплому стані. Ці вигоди досягаються ціною втрати ферментативної та біологічної активності, яка відрізняє необроблений натуральний мед від звичайного цукрового сиропу.

У ЄС пастеризований мед дозволений, але він повинен бути чітко маркований як «пастеризований» (у Франції, Німеччині – обов'язково). Якщо мед втрачає ферментативну активність (наприклад, діастазне число < 8 за шкалою Шаде), він не може продаватися як «натуральний». У рамках «Honey Directive» (2001/110/ЕС + оновлення 2024): «Оброблений теплом мед, у якому значно знижено рівень природних ферментів, не може продаватися без спеціального маркування про обробку». Саме тому, у меді, що експортується до ЄС, вимірюється діастазне число як один із ключових маркерів. Під час експорту з України, пастеризований мед, про що не вказано, може бути визнаний фальсифікатом або відхилений імпортером. Натуральний, кристалізований мед цінується більше, ніж штучно рідкий та однорідний. Таким чином, слід уникати непотрібної пастеризації, особливо для монофлорного та меду на експорт. Якщо обробка є неминучою через вимоги закупівельника або особливості фасування, слід чітко документувати процес і маркувати продукцію згідно з директивами ЄС. Також, рекомендують зберігати зразки сирого необробленого меду (до обробки) для підтвердження автентичності у разі лабораторних спорів.

Споживачу слід пояснювати, що кристалізація не є дефектом, а навпаки – ознака якості. Кристалізація має вагоме значення для автентичності меду та є сортовою ознакою. Кристалізація – це перехід частини розчинених цукрів меду (переважно глюкози) з рідкої форми в тверду кристалічну. У результаті мед стає густим, зернистим, мутним або навіть повністю твердим залежно від різних факторів (табл. 4.3). Це природне фізико-хімічне явище, притаманне справжньому, натуральному, не обробленому меду.

Основний склад меду – це глюкоза, фруктоза і вода. Якщо концентрація глюкози перевищує межу розчинності, вона випадає в осад у вигляді кристалів. Природний механізм кристалізації можливо описати наступним чином:

- висока глюкоза → насичений розчин → утворення кристалів глюкози моногідрату;
- фруктоза лишається в рідкому стані навколо кристалів;
- утворюється двофазна система: тверда + в'язка рідина.

Таблиця 4.3. Фактори, що впливають на швидкість і характер кристалізації

Фактор	Вплив
Співвідношення глюкоза/фруктоза	чим більше глюкози – тим швидше кристалізація
Температура зберігання	найшвидше кристалізація при +10...+15°C; уповільнюється при +25°C
Вміст вологи	висока вологість = повільніше кристалізація, але ризики бродіння
Наявність пилку, білків, частинок воску	сприяють кристалізації як «ядра» (точки росту)
Перемішування, руйнування великих кристалів	дрібнокристалічна структура утворюється при кремуванні
Сорт меду	соняшниковий і ріпаковий – кристалізуються швидко, акацієвий і каштановий – повільно або майже не кристалізуються

Примітка. *Сформовано автором на основі аналізу літературних джерел та власних досліджень.*

Показник співвідношення глюкоза/фруктоза (G/F) є одним із ключових параметрів у сортовизначенні меду, оскільки він безпосередньо впливає на фізико-хімічні властивості, зокрема схильність до кристалізації, а також може бути індикатором ботанічного походження *(Bratosin et al., 2025).*

Тип кристалізації також вказує на сортність меду. До прикладу, тонкодисперсна (або кремоподібна, смальцеподібна) є однорідною, з м'якою текстурою, тому бажаним типом для споживання. Дрібнозерниста та грубозерниста кристалізації, мають чітковиражені кристали, що можуть утворювати шарування, за нестабільних умов зберігання. Через нагрів, неповне дозрівання або надмірну вологість мед може кристалізуватися нерівномірно, верхній шар рідкий, нижній – твердий, або навпаки. У цьому разі тип кристалізації є одним із критеріїв якості. Кристалізація може використовуватися як маркер автентичності меду. Природний мед завжди має тенденцію до кристалізації, за винятком деяких видів (акація, падевий мед), які містять дуже мало глюкози. Фальсифікований або надто оброблений мед не кристалізується, через доданий інвертний сироп або глюкозно-фруктозні суміші; може бути надмірно пастеризований до руйнування «точок кристалізації»; або видалено пилок (через фільтрацію або ультрафільтрацію).

4.1.2. Типові сорти монофлорного меду в Україні. Монофлорний – це мед, який переважно походить із нектару одного ботанічного виду рослин, що підтверджується пилковим аналізом, фізико-хімічними та сенсорними ознаками. Зазвичай вважається монофлорним мед, у якому пилку однієї рослини > 45% (для більшості сортів); > 15% – для видів, пилок яких рідко потрапляє в нектар (наприклад, акація) (табл. 4.4). Оцінка автентичності монофлорного меду базується на мелісопалінології, зокрема на виявлені переважаючого типу пилку; органолептичному аналізі (типові колір, аромат, текстура, смак, кристалізація); фізико-хімічних показниках (електропровідність, pH, вміст вологи, співвідношення цукрів); ферментативній активності (у деяким сортів високі показники проліну та діастази); хімічному профілі (фенольні сполуки, леткі ароматичні речовини); новітніх методах діагростики (ЯМР, хроматографія, ізотопи, ДНК) та G/F (табл. 4.5).

Таблиця 4.4. Типові сорти монофлорного меду в Україні

Сорт	Основна рослина	Колір	Аромат	Кристалізація	Унікальні маркери
Акацієвий	*Robinia pseudoacacia*	дуже світлий, майже прозорий	ніжний, легкий, квітковий	повільна, рідкий місяцями	низький вміст глюкози і пилку
Липовий	*Tilia cordata*	світло-жовтий, кремовий	сильний, ментолу, квітковий	помірна, зерниста	високий вміст фенолів, летких терпенів
Соняшниковий	*Helianthus annuus*	яскраво-жовтий	виразний, терпкий, квітковий	швидка, зерниста	високий вміст глюкози, пилку >50%
Гречаний	*Fagopyrum esculentum*	темно-коричневий у рідкому стані, світліє у кристалі-зованому	сильний, різкий, пекучий	помірна, зерниста	висока електро-провідність, АОА

Сорт	Основна рослина	Колір	Аромат	Кристалізація	Унікальні маркери
Ріпаковий	*Brassica napus*	кремово-білий	м’який, ніжний	дуже швидка, кремоподібна	високий вміст глюкози, білку, пилку
Буркуновий	*Melilotus spp.*	світло-жовтий	ванільний, м’який	помірна, зерниста	характерний аромат кумарину
Еспарцетовий	*Onobrychis viciifolia*	бурштину	трав’яний, делікатний	помірна, кремоподібна	високий вміст фруктози

Примітка. *Сформовано автором на основі аналізу літературних джерел та власних досліджень.*

Таблиця 4.5. G/F для основних сортів меду України

Сорт меду	G/F (оцінка)	Схильність до кристалізації	Коментар
Акацієвий	0,70–0,85	дуже низька	тривалий час залишається рідким
Липовий	0,95–1,05	помірна	залежить від домішок
Гречаний	1,05–1,20	висока	темний, насичений
Соняшниковий	1,20–1,40	дуже висока	швидко кристалізується
Ріпаковий	1,30–1,50	дуже висока	кремоподібна структура
Каштановий	0,80–0,95	низька	гіркуватий присмак
Буркуновий	0,90–1,00	помірна	світлий, ніжний аромат
Еспарцетовий	1,00–1,10	помірна	часто змішується з різнотрав’ям
Різнотрав’я	0,95–1,10	варіативна	залежить від домінуючих рослин
Коріандровий	1,10–1,25	висока	кристалізується за 1–2 міс., зерниста структура
Гірчичний	1,20–1,35	висока	кремоподібний, дрібнозернистий
Фацелієвий	0,85–1,00	повільна	високий вміст фруктози, м’який смак
Падевий	0,60–0,80	дуже повільна або відсутня	високий вміст декстринів, низька глюкоза

Примітка. *Сформовано автором на основі аналізу літературних джерел та власних досліджень. Значення G/F для деяких сортів оцінено на основі описаної швидкості кристалізації та хімічного складу, оскільки точні лабораторні дані не завжди доступні у відкритих джерелах.*

Сортові ознаки важливі для автентифікації, відповідність меду очікуваним сортовим стандартам дає змогу відрізнити натуральний продукт від змішаної (купажованої,

гомогенізованої з різних сортів) або фальсифікованої суміші. А також підтвердити походження, особливо для ГЗ; забезпечити маркетингову цінність і довіру споживача. Порушення сортових ознак є передумовою для додаткового лабораторного аналізу. У ЄС та багатьох країнах визначення меду як монофлорного вимагає документального підтвердження ботанічного походження (аналітика + пилок); лабораторного тестування на відповідність офіційним сортовим специфікаціям.

Новітні методи ідентифікації меду дають змогу ефективно боротися з фальсифікацією, захищати споживача та підтримувати національного виробника. Інтеграція ДНК-аналізу, спектроскопії та штучного інтелекту є перспективною стратегією забезпечення автентичності меду в умовах глобального ринку. Для України є необхідність розробки власного національного стандарту для монофлорних сортів меду, з науково підтвердженими специфікаціями на підґрунті бази даних сортових профілів для автентифікації.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 4.1

Fakhlaei, R., Babadi, A. A., Ariffin, N. M., & Xiaobo, Z. (2025). Development of FTIR-ATR spectra and PLS regression combination model for discrimination of pure and adulterated acacia honey. *Food Control*, *169*, 110996.

Ozbay, M., Arslan, F. N., & Gorur, G. (2025). Low-field 1H-NMR spectroscopy allied with chemometrics for recognition of botanical origin and adulteration of honeys. *European Food Research and Technology*, *251*(1), 111−122.

Huang, K., Huang, K., Bai, T., Xue, X., He, P., & Xu, B. (2025). Discrimination on potential adulteration of honey by differential scanning calorimetry (DSC) and graph-based semi-supervised learning (GSSL). *Food Chemistry*, 144490.

Mushtaq, A., Khalid, S., & Noor, M. J. (2025). The Melliferous Potential of the Mountainous Region of Azad Kashmir, Pakistan: Pollen Profiling of Honey Using Microscopy. *Microscopy Research and Technique*, *88*(3), 781−796.

Çobanoğlu, D. N., Temizer, İ. K., Felek, İ., Şimşek, A., & Dündar, O. (2025). Botanical Origin of Honey: Implications for Mineral Composition and Potential Toxic Element Safety. *Chemistry & Biodiversity*, e00318.

Inaudi, P., Garzino, M., Abollino, O., Malandrino, M., & Giacomino, A. (2025). Honey: Inorganic Composition as Possible Marker for Botanical and Geological Assignment. *Molecules*, *30*(7), 1466.

Ranieri, L., Lorusso, L., Mottola, A., Intermite, C., Piredda, R., & Di Pinto, A. (2025). Authentication of the Botanical Origin of Honey: In Silico Assessment of Primers for DNA Metabarcoding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 73, 15429−15442.

Patel, R., Islam, S., Patel, M., Trivedi, J., Joshi, M., Joshi, C., ... & Patel, A. (2025). Foraging resource partitioning between Indian native Apis florea and Apis cerana: unveiling entomological signatures in honey through honey DNA metabarcoding. *Scientific Reports*, *15*(1), 11546.

Hafzari, R., Silitonga, M., Dasopang, E. S., & Gultom, E. S. (2025). Identification of Potential Medicinal Plant Species in Multiflora Trigona Species Honey from Riau Using a Metabarcoding Approach. *Tropical Journal of Natural Product Research*, *9*(3). 1187–1191.

Eggermont, D., Pardi, F., & Purcaro, G. (2025). Enhancing the targeted and untargeted analysis of honey by vacuum-assisted SPME-GC× GC-MS. A green, practical, and highly informative approach. *Green Analytical Chemistry*, *12*, 100207.

Rocha, G. H. A. M., de Almeida, M. C., da Silva, L. L. P., Flores, I. S., Castiglioni, G. L., De Oliveira, T. F., & Pereira, J. (2025). Food-related properties and composition of cocoa honey (*Theobroma cacao* L.): An integrated investigation. *Food Research International*, *202*, 115694.

Schmidt, K., Close, D. C., Smith, J. A., Alejandro, F. M., & Garland, S. M. (2025). Characterisation of Tasmanian leatherwood (Eucryphia lucida) honey according to geographical origin. *Food Chemistry*, *479*, 143723.

Soroushianfar, M., Asgari, G., Afzali, F., Falahat, A., Soroush, M., Baghahi, M., ... & Nazari, E. (2025). Application of Bioinformatics and Machine Learning Tools in Food Safety. *Current nutrition reports*, *14*(1), 1–14.

Singh, G. B. (2025). Introduction to Machine Learning for Bioinformatics. In *Fundamentals of Bioinformatics and Computational Biology: Methods and Exercises in MATLAB* (pp. 355–393). Cham: Springer Nature Switzerland.

Paiano, V., Breidbach, A., Lörchner, C., Ždiniaková, T., De Rudder, O., Maquet, A., ... & Ulberth, F. (2025). Detection of Honey Adulteration by Liquid Chromatography – High-Resolution Mass Spectrometry: Results from an EU Coordinated Action. *Separations*, *12*(2), 47.

Pavlović, R., Stojanović, S., Pavlović, M., Drulović, N., Vujčić, M., Dojnov, B., & Vujčić, Z. (2025). Glycosidase Isoforms in Honey and the Honey Bee (Apis mellifera L.): Differentiating Bee- and Yeast-Derived Enzymes and Implications for Honey Authentication. *Insects*, *16*(6), 622.

Peters, L. J., Majtan, J., Mossialos, D., Szweda, P., Mateescu, C., Ozturk, F., ... & Cremers, N. A. (2025). Medical-grade honey: its definition and refined standards. *Journal of Wound Care*, *34*(6), 412–423.

Vani, B., Hymavathi, M., Kalyani, S., Sahu, N., & Sridhar, S. (2025). Effective removal of fluoride and arsenic from groundwater via integrated biosorption and membrane ultrafiltration. *Water Science and Engineering*, *18*(1), 30–40.

Pigłowski, M., Mockevičienė, B., & Śmiechowska, M. (2025). Border Rejections Reported in the Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) in 2008–2023: Identification of Hazards and Overview of Their Potential Health Implications. *Sustainability.*, *17*(7), 1-28.

Bratosin, E. D., Tit, D. M., Pasca, M. B., Purza, A. L., Bungau, G., Marin, R. C., ... & Gitea, D. (2025). Physicochemical and Sensory Evaluation of Romanian Monofloral Honeys from Different Supply Chains. *Foods*, *14*(13), 2372.

A. Souza, E. C., Cavalcante dos Santos Campos, D., MA da Costa, L. A., de Mello Pereira, F., Menezes, C., & Flach, A. (2025). Effect of pasteurization, dehumidification, refrigeration and maturation on the composition, quality and acceptability of Scaptotrigona depilis honey. *Journal of Apicultural Research*, *64*(3), 923-931.

Адамчук, Л., Лісогурська, Д., Євтушенко, О., Фурман, С., Двикалюк, Р., Лісогурська, О., Пилипко, К., Сенчук, Т., Діхтяр, О., Антонів, А., Скрипка, Г., Гусятинська, О. [під заг. ред. Л. Адамчук]. Бджільництво: вектори наукових досліджень. Монографія. Київ : НУБіП України, 2022. 386 с. ISBN 978-617-8102-75-3

4.2. Біохімічний профіль та безпечність органічного меду

Світлана Фурман, Діна Лісогурська, Ольга Лісогурська, Леонора Адамчук

У зв’язку з глобалізацією сучасного світу особливо важливим є забезпечення населення безпечними та якісними харчовими продуктами, у тому числі органічними, що відповідають міжнародним стандартам. Органічне сільське господарство в Україні розвивається, і кількість органічної продукції зростає. За останні роки було введено законодавчі норми та стандарти для органічного виробництва, що сприяє його розвитку. Багато фермерів та підприємств переходять на органічне виробництво через зростання попиту на органічні продукти на ринку. Досліджено зменшення навантаження впливу сільського господарства на довкілля за органічного виробництва. Вивчено вплив на стан здоров’я людини за споживання органічних харчових продуктів (*Kesse-Guyot et al., 2017*). Також досліджено питання використання праці на органічних фермах (*Orsini et al., 2018*).

Органічні продукти визначаються та регулюються спеціальними стандартами органічного виробництва. Основні аспекти безпечності та якості органічних продуктів включають відсутність хімічних пестицидів і гербіцидів. Використання природних методів боротьби зі шкідниками та хворобами є стандартом для органічного виробництва (*Romanchuk et al., 2020*).

Органічні продукти не повинні містити генетично модифікованих організмів. Це віддзеркалює прагнення до природних та традиційних методів сільського господарювання Щоб мати статус органічного, продукти повинні відповідати конкретним стандартам, які встановлюються відповідними організаціями та урядовими установами. Ці стандарти включають в себе вимоги до виробництва, обробки, транспорту та упаковки продуктів. Багато країн мають свої системи сертифікації для органічних продуктів. Наявність сертифіката органічного виробництва свідчить про те, що продукт відповідає встановленим стандартам. Виробники органічних продуктів часто акцентують на прозорості та відкритості у виробництві. Споживачі можуть відстежувати шлях продукту від ферми до столу та дізнатися про умови виробництва. Досліджено також урожайність та стабільність в органічних та конвенційних системах сільського господарювання (*Schrama et al., 2018)*.

В Україні національне законодавство визначає принципи державного контролю та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів, включаючи апіпродукти. Серед останніх особливе місце займає мед, який визнаний популярним та корисним, враховуючи його властивості та широке застосування (*Sidashova et al.,2022; Lisohurska et al., 2020)*.

Науковці здійснюють комплексні дослідження, спрямовані на оцінку якості та безпечності меду з метою виявлення можливих забруднень, визначення відповідності продукту чинним стандартам та забезпечення його безпечного споживання.

Prathibani et al. (2025) підкреслюють, що мед володіє значними функціональними властивостями, зокрема антиоксидантною та антимікробною активністю. Ці властивості обумовлені наявністю фенольних сполук, редукуючих цукрів та амінокислот, які сприяють нейтралізації вільних радикалів і пригнічують ріст патогенних мікроорганізмів. Автори також звертають увагу на проблему фальсифікації меду, яка може призвести до серйозних наслідків для здоров'я, включаючи підвищення рівня цукру в крові, ожиріння та інші метаболічні порушення. Вони наголошують на необхідності впровадження ефективних методів виявлення домішок та дотримання суворих стандартів якості для забезпечення безпеки споживачів. Крім того, мед демонструє потенціал у покращенні когнітивних функцій, зниженні ризику серцево-судинних захворювань та підтримці здоров'я шлунково-кишкового тракту завдяки своїм властивостям.

Dobrinas et al. (2022) провели хімічний аналіз меду, зібраного з різних джерел, з метою оцінки його якості відповідно до міжнародних стандартів. У роботі проаналізовано ключові параметри якості, зокрема вміст води, електропровідність, pH, концентрації редукуючих цукрів, активність діастази, а також загальний вміст фенольних сполук. Дослідження показало, що більшість зразків відповідали встановленим нормативам, однак спостерігалися значні відмінності залежно від ботанічного походження та регіону збору. Наприклад, зразки з гірських районів мали вищий рівень антиоксидантної активності та вміст мінеральних речовин, що свідчить про їхню підвищену харчову цінність. Автори підкреслюють важливість регулярного моніторингу хімічного складу меду з різних регіонів, особливо в контексті зміни кліматичних умов і потенційного впливу забруднення навколишнього середовища на якість продукту.

У своєму дослідженні *Hermanns et al. (2019)* підкреслюють, що використання меду в медичних цілях вимагає суворого дотримання стандартів якості та безпечності. Мед може містити токсичні речовини, такі як пестициди, важкі метали та залишки антибіотиків, а також бути забрудненим спорами бактерій, наприклад, *Clostridium*, що становить серйозну загрозу для здоров'я, особливо у пацієнтів з ослабленим імунітетом. Тому мед, призначений для медичного застосування, повинен бути органічним, вільним від забруднень, стерилізованим під контрольованими умовами (наприклад, гамма-опроміненням) і відповідати фізико-хімічним критеріям, які забезпечують його антибактеріальні та загоювальні властивості. Лише дотримання цих стандартів дозволяє класифікувати мед як медичний, придатний для безпечного та ефективного використання в клінічній практиці.

Adamchuk et al. (2020) провели ґрунтовний аналіз чинних міжнародних та національних нормативних документів, що регламентують безпечність та якість меду. Автори

підкреслюють, що національна нормативна база потребує оптимізації, оскільки деякі показники, такі як вміст вологи, мінеральних речовин та активність діастази, не повністю відповідають міжнародним стандартам. Зокрема, Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 19 червня 2019 року № 330 містить вимоги, які більше адаптовані до міжнародних та європейських стандартів щодо критеріїв якості меду порівняно з чинними національними вимогами, але все ще потребує вдосконалення в частині регулювання значень вмісту вологи, мінеральних речовин та активності діастази компонентів меду. Крім того, дослідники зазначають, що для органічного бджільництва Кабінет Міністрів України впровадив чинну нормативну базу ЄС, що регулює органічне бджільництво. Це свідчить про прагнення України гармонізувати свої стандарти з європейськими вимогами, що є важливим кроком для покращення якості та безпечності меду на національному рівні.

Дослідженнями *Skripka et al. (2023)* було представлено аналіз залишкових кількостей антибактеріальних речовин у меді, виробленому як вітчизняними, так і закордонними виробниками. Автори підкреслюють важливість контролю за вмістом антибактеріальних речовин у меді, оскільки їх наявність може свідчити про порушення технологічних процесів виробництва та зберігання продукції. Зокрема, дослідники зазначають, що виявлення залишкових кількостей антибактеріальних речовин у меді може мати негативний вплив на здоров'я споживачів та порушувати вимоги до якості харчових продуктів. Це підкреслює необхідність посилення контролю за використанням антибактеріальних препаратів у бджільництві та впровадження сучасних методів аналізу для виявлення таких речовин у готовій продукції.

Fakhlaei et al. (2020) докладно аналізують наслідки фальсифікації меду, яка є однією з найпоширеніших проблем у сфері харчової безпеки. Автори підкреслюють, що додавання штучних підсолоджувачів, сиропів, крохмалю та інших домішок не лише знижує якість продукту, а й створює загрозу для здоров’я споживачів. Фальсифікований мед може містити залишкові токсичні сполуки, алергени, важкі метали або мікробіологічні контамінанти, що особливо небезпечно для дітей, людей з алергіями та ослабленою імунною системою. Автори також зазначають, що регулярне споживання такого продукту може спричинити довготривалі метаболічні порушення, включно з ризиком розвитку діабету, ожиріння та інших хронічних захворювань. Крім того, науковці наголошують на необхідності удосконалення аналітичних методів для виявлення фальсифікатів, зокрема із застосуванням високоефективної рідинної хроматографії, спектроскопії та ізотопного аналізу. Це має сприяти створенню більш жорсткої системи контролю якості та посиленню законодавчого регулювання на міжнародному рівні.

У дослідженні, проведеному в південно-західному регіоні Ефіопії, *Tadesse et al. (2021)* виявили ключові фактори, що впливають на рівень виробництва органічного меду та його реалізацію. Серед них автори виокремлюють: доступ фермерів до інформації про органічне бджільництво, наявність навчальних програм і технічної підтримки, а також рівень освіти пасічників. Крім того, дослідження показало, що на ефективність маркетингу органічного меду значно впливають інституційні чинники – зокрема, участь у кооперативах, доступ до ринкової інфраструктури, транспорт та зв’язок із покупцями. Пасічники, які мали кращі зв’язки з ринком і володіли базовими знаннями з маркетингу, змогли реалізовувати продукцію за вигіднішими цінами. Автори роблять висновок, що розвиток органічного бджільництва в регіоні залежить від інтегрованого підходу – поєднання освітніх, технічних, інституційних і ринкових механізмів. Вони рекомендують посилити урядову підтримку та політики, які б сприяли зростанню виробництва органічного меду, зокрема через створення сертифікаційних центрів, розвиток інфраструктури та програм підвищення кваліфікації.

У роботі *Vapa-Tankosić et al. (2020)* проаналізовано готовність сербських споживачів платити більше за органічний і місцевий мед, виявивши низку важливих поведінкових та соціально-економічних чинників. Автори відзначають, що перевага надається саме місцевому меду, який споживачі вважають автентичнішим, безпечнішим і екологічнішим. При цьому органічна сертифікація також відіграє значну роль у формуванні довіри до продукту, особливо серед споживачів з вищим рівнем освіти та доходів. Ключовими мотивами для вибору

органічного або локального меду є турбота про власне здоров'я, бажання підтримати місцевих виробників, а також екологічна свідомість. Автори зазначають, що більш обізнані споживачі готові платити преміальну ціну, якщо мед відповідає їхнім очікуванням щодо якості, безпечності та походження. Водночас дослідження вказує на бар'єри, які обмежують поширення органічного меду на ринку: низький рівень поінформованості про переваги органічного виробництва, обмежена присутність сертифікованої продукції в торговельних мережах, а також недовіра до якості маркування. Таким чином, автори рекомендують активніше просувати інформаційні кампанії, підтримувати місцевих пасічників та покращувати інституційне регулювання органічної продукції для стимулювання сталого споживання.

У своєму дослідженні *Murmura et al. (2024)* проаналізували, як пандемія COVID-19 вплинула на споживчу поведінку щодо органічного меду серед представників різних поколінь. Результати показали чітку трансформацію споживчих пріоритетів: зросла увага до питань здоров'я, безпеки продуктів харчування та походження сировини. Автори виявили, що молодші покоління виявляють більшу готовність платити вищу ціну за органічну продукцію, особливо якщо вона локального походження та має сертифікацію. Водночас представники старших вікових груп надають перевагу традиційним каналам збуту, зокрема ринкам і знайомим виробникам, демонструючи нижчу довіру до нових брендів. Дослідження також висвітлило значущу роль цифрових платформ у поширенні інформації про органічний мед: саме онлайн-джерела стали основним каналом впливу на купівельні рішення в постпандемічний період. *Murmura et al. (2024)* підкреслюють важливість адаптації маркетингових стратегій до специфіки кожної вікової групи задля ефективного просування органічної продукції.

У статті *Bilici i Seren (2025)* розглядається рівень обізнаності споживачів щодо відмінностей між натуральним і органічним медом. Автори відзначають, що багато споживачів часто помилково ототожнюють ці поняття, не розуміючи ключових відмінностей у виробництві, сертифікації та контролі якості. Зокрема, органічний мед має проходити сувору перевірку на відповідність екологічним стандартам, включаючи заборону використання хімічних ветеринарних препаратів та контроль за навколишнім середовищем у зоні збору нектару. Опитування, проведене серед турецьких споживачів, показало, що лише незначна частина респондентів могла правильно визначити ознаки органічного меду, зокрема наявність сертифікації, маркування та слідування визначеним виробничим стандартам. У той час як більшість опитаних вважали «натуральність» ознакою органічності, вони не брали до уваги походження, відсутність домішок і дотримання стандартів ЄС щодо органічної продукції. Автори дійшли висновку, що для підвищення рівня споживчої грамотності необхідно посилити інформування населення про критерії органічного виробництва меду, а також сприяти прозорому та доступному маркуванню, яке дозволяє чітко відрізнити органічний продукт від звичайного.

У дослідженні *Obey et al. (2022)* проаналізовано антимікробну активність органічного меду, придбаного в комерційних точках продажу, щодо клінічних ізолятів патогенних для людини бактерій. Автори протестували декілька зразків меду проти таких збудників, як *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Salmonella typhi ma Pseudomonas aeruginosa*, які є поширеними причинами інфекцій у людей. Результати дослідження показали, що органічний мед виявляє помітну антимікробну активність, яка може варіюватися залежно від ботанічного походження та географічної зони, з якої був зібраний мед. Найвищу ефективність продемонстрували медові зразки, багаті на фенольні сполуки, ферменти та інші біологічно активні компоненти. Автори підкреслюють, що органічний мед може виступати потенційним природним засобом для боротьби з резистентними до антибіотиків мікроорганізмами. Вони наголошують на необхідності подальших досліджень з метою стандартизації методів тестування та створення умов для клінічного застосування органічного меду як допоміжного засобу у лікуванні бактеріальних інфекцій.

Polak-Śliwińska і Tańska (2021) дослідили хімічний склад та антиоксидантну активність як органічного, так і традиційного меду, зосереджуючись на водо- і етанол-розчинних фракціях біологічно активних речовин. У статті зазначено, що мед містить широкий спектр сполук з високою біологічною цінністю – зокрема фенольні кислоти, флавоноїди, амінокислоти, мінерали та вітаміни. Автори виявили, що як органічний, так і звичайний мед є джерелом молекул з вираженою антиоксидантною активністю, проте органічний мед продемонстрував дещо вищу концентрацію фенольних сполук у водорозчинній фракції. Це підтверджує думку про те, що методи виробництва впливають на харчову цінність продукту. Дослідження підкреслює потенціал використання меду як функціонального харчового інгредієнта, що може сприяти зменшенню окислювального стресу в організмі людини. Автори рекомендують розглядати як органічний, так і традиційний мед не лише як природний підсолоджувач, а як продукт із важливою нутріцевтичною цінністю

Stanojević et al. (2024) провели ґрунтовне порівняльне дослідження традиційного та органічно виробленого меду, зосередившись на фізико-хімічних, поживних та сенсорних характеристиках. Результати виявили як подібності, так і деякі відмінності. Зокрема, органічні зразки продемонстрували дещо вищий вміст загальних фенольних сполук, кращу антиоксидантну активність і більш виражені органолептичні властивості. Автори зазначають, що хоча обидва типи меду відповідають стандартам якості, органічний мед має потенціал як функціональний продукт харчування через підвищений вміст біологічно активних речовин. Водночас традиційний мед може мати стабільніші показники за деякими фізико-хімічними параметрами (наприклад, вологістю та pH). Сенсорний аналіз, проведений із залученням споживачів, показав, що органічний мед частіше отримував вищу оцінку за смакові якості, аромат і загальну привабливість. Автори підкреслюють, що вибір між цими двома видами меду залежить не лише від хімічного складу, а й від сприйняття споживачів і їхніх очікувань щодо «здорового» продукту.

У дослідженні *Aleksiev and Doncheva (2021)* розглядається вплив органічного виробництва на поведінку споживачів на прикладі болгарського органічного меду. Автори зосереджують увагу на споживчому сприйнятті органічної продукції та чинниках, які впливають на рішення про купівлю саме органічного меду. Згідно з результатами дослідження, споживачі в Болгарії надають перевагу органічному меду через його сприйняту безпечність, натуральність і позитивний вплив на здоров'я. Автори також підкреслюють, що органічний мед асоціюється з високою якістю, екологічною чистотою та відсутністю шкідливих домішок. Водночас дослідження виявило низький рівень обізнаності щодо офіційної сертифікації органічного меду серед широкої аудиторії, що свідчить про потребу в активнішій інформаційній підтримці та просвітницьких кампаніях. Автори наголошують, що довіра до виробника та маркування відіграють ключову роль у формуванні купівельних рішень, а сам органічний статус продукту часто сприймається більше як інтуїтивна ознака «натуральності», аніж як результат дотримання вимог.

Panseri et al. (2020) провели масштабне дослідження вмісту залишкових кількостей пестицидів та інших екологічних контамінантів в органічному меді, отриманому з різних географічних зон. Автори наголошують, що хоча органічне бджільництво передбачає дотримання суворих екологічних стандартів, сліди пестицидів і промислових забруднювачів все ще можуть бути присутніми в меді через забруднення навколишнього середовища. Виявлені речовини включали хлорорганічні сполуки, поліхлоровані біфеніли (ПХБ) та залишки важких металів, які могли потрапити в мед через забруднені ґрунти, воду або повітря. Рівні забруднень відрізнялися залежно від регіону походження меду, причому найвищі концентрації виявлялися в зразках із промислово навантажених районів. Автори підкреслюють необхідність постійного моніторингу органічної продукції, зокрема меду, навіть за умови сертифікації, а також посилення екологічного контролю в районах бджільництва. Вони наголошують, що лише завдяки системному підходу до екологічної безпеки можна забезпечити повну відповідність органічного меду критеріям харчової безпечності.

Органічний мед виробляється з використанням методів, що відповідають стандартам органічного виробництва. Оператори ринку уникають використання хімічних пестицидів та гербіцидів, дотримуються стандартів гуманного ставлення до бджіл та не використовують антибіотики. Органічний мед має вищу цінність через відсутність залишків хімічних речовин та більш природні умови вирощування. Дослідження стану бджільництва в розрізі областей України визначає важливу роль цієї галузі для забезпечення населення корисними харчовими продуктами. Успіх українських бджолярів визначається не лише збільшенням обсягів експорту, але й виробництвом безпечного та якісного меду, у тому числі органічного, що надає конкурентну перевагу на міжнародному ринку.

Агропромисловий комплекс України є одним з основних секторів економіки і розвиток саме цієї сфери має провідне значення для розвитку України в цілому. Наразі стратегія екологічної політики, серед інших пріоритетів, виокремлює питання про раціональне використання земель сільськогосподарського призначення, зменшення техногенного впливу на навколишнє середовище та сприяння розвитку органічного фермерства, землеробства, а також забезпечення раціонального використання природних ресурсів. Діяльність аграрного сектору має бути спрямована на використання таких практик, як органічне виробництво, дотримання високих стандартів добробуту тварин тощо. Органічне виробництво має на меті відтворити створення продукту в природних агроекосистемах, ґрунтуючись на принципах екології, справедливості, здоров'я та турботи. Органічне виробництво поєднує у собі практику і досягнення науки, що має на меті покращити стан навколишнього середовища, біорізноманіття, забезпечити населення безпечними продуктами харчування та має соціальні, економічні і екологічні цілі.

Встановлено, що в світі, зокрема в Україні, динамічно зростає кількість площ, що зайняті під органічне сільське господарство. Українську органічну продукцію імпортують переважно країни Європейського Союзу, основними експортними продуктами є зернові,ягоди, гриби, горіхи, олія. Принцип «від ферми до виделки» спрямований на стимулювання сталого споживання харчових продуктів та пропагуватиме доступне для населення безпечне та якісне харчування. Запровадження цієї стратегії дасть змогу покращити становищефермерів, а також вплинути на здоров'я і добробут людей та тварин. Згідно цієї стратегії, вже до 2030 року обсяг використання пестицидів і антибіотиків має зменшитись удвічі, а частка сертифікованих сільськогосподарських угідь з органічним виробництвом збільшитись до 25%.

Імплементація і дотримання європейських стандартів та вимог щодо безпечності і якості харчових продуктів, а також зменшення шкідливого впливу на довкілля є найбільш пріоритетним напрямком усфері аграрного виробництва. Україна має суттєвий потенціал для розвитку органічного землеробства та застосування технологій, що передбачають збереження біорізноманіття, природних ресурсів та виробництво безпечних і якісних продуктів. Органічне виробництво сприяє відновленню деградованих територій. Недоліком використання цих технологій може бути зниження врожайності, а також перехідний період в органічному виробництві і значні кошти на забезпечення дотримання європейських стандартів.

Органічна продукція, одержана в Україні, користується попитом на європейському ринку. Значна частка органічної продукції експортується і не в повному обсязі забезпечує потреби внутрішнього ринку. Україна має рухатись в напрямку Європейського зеленого курсу, що є пріоритетом Європейського Союзу. Це забезпечить стале первинне виробництво, здорове харчування та стале споживання продуктів населенням і продовольчу безпеку держави, а в перспективі – провідне місце у експорті харчових продуктів.

Попри світову економічну кризу, спостерігається позитивна динаміка збільшення ринку і розвитку органічного виробництва, що спостерігається як у Європейських країнах,так і у світі. У споживачів зростає попит на здорове харчування та безпечні і якісні харчові продукти. Доведено і економічну ефективність органічного виробництва, якесприяє підвищенню рівня зайнятості населення, особливо у сільській місцевості.

Необхідно зазначити, що зростає попит у світі на органічну продукцію, одержану в Україні. У 2020 році серед 123 країн Україна посіла 4 місце за обсягами імпортованої

органічної продукції до країн Європейського Союзу. Основу експорту складають зернові культури, вагомі позиції займають олійні культури, насіння, молочні продукти і мед. Основними імпортерами органіки з України є Німеччина, Польща, Британія, Австрія,Італія та Швейцарія. Формування і зростання органічного виробництва у світі сприяло розвитку органічного бджільництва. Ринок української органічної апіпродукції динамічно зростає. Проте обсяги є дещо нижчими порівняно зі світовими. Україна має практично всі умови, щоб посісти одне з перших місць серед виробників органічної продукції бджільництва в світі. Приватне сільськогосподарське підприємство «Дружба» (аграрна група «ЕтноПродукт») було першим виробником органічного меду в Україні. Пасіка підприємства була сертифікована у 2010 році.

Тому метою досліджень було охарактеризувати біохімічні показники та безпечність і якість органічного меду різного ботанічного походження.

Завдання включало формування бджолиних сімей-аналогів, відбір зразків органічного меду і визначення біохімічного складу та показників безпечності і якості.

Для проведення досліджень були відібрані зразки органічного меду різного ботанічного походження та визначені біохімічні показники та показники безпечності і якості. Визначення органолептичних (колір, аромат, смак, консистенцію, ознаки бродіння, кристалізацію) і біохімічних (пилковий аналіз, водність, діастазна активність, кислотність, вміст гідроксиметилфурфуролу, проліну) показників та пилковий аналіз згідно з ДСТУ 4497:2005. Технічні умови. Також були визначені показники безпечності (вміст токсичних елементів, пестицидів, радіонуклідів) згідно нормативних документів.

З метою визначення ботанічного походження меду проводили пилковий аналіз та визначення кількості пилкових зерен. Для визначенні кількості пилкових зерен у меді підраховували їх загальну кількість у полі зору мікроскопа. Частку пилку певного виду медоносу визначали шляхом морфологічного опису пилкових зерен *(Adamchuk et al., 2020).*

Пилковий аналіз є ефективним методом визначення ботанічного походження меду, оскільки пилок, який потрапляє до меду від рослин, відображає специфічні характеристики рослинного світу та екосистеми.

У результаті проведення пилкового аналізу було встановлено, що за походженням мед був монофлорний квітковий (47% пилку гречки *Fagopyrum esculentum*) та поліфлорний квітковий (пилкові зерна кількох видів лугового різнотрав'я).

Характерні особливості форм та структури пилку гречки дозволили ідентифікувати види рослин у меді. Подібні дослідження важливі для підтвердження автентичності та географічного походження меду, а також для визначення різноманітності ботанічних ресурсів у конкретному регіоні.

Отримані результати можуть бути використані для підтвердження маркування продукту та надання споживачам інформації про те, що мед був моно- та поліфлорний квітковий. Такий підхід допомагає в дотриманні високих стандартів якості меду та забезпечує споживачам достовірну інформацію про склад та походження продукту.

Параметри, яким має відповідати мед для вступу на ринок Європейського Союзу, визначені у Директиві Ради 2001/110/ЄС, інкорпоровані у національний стандарт через Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України під номером 330. Цей наказ встановлює критерії для якості меду. Відповідно до цих вимог, мед вважається монофлорним, якщо в його складі виявлено не менше 30% пилку одного виду медоносу.

У табл. 4.6 представлені органолептичні показники органічного меду залежно від ботанічного походження. Видимих ознак бродіння не спостерігали. Визначення вмісту води у меді є важливим показником цього продукту. Вміст води у меді є одним з критеріїв, які визначають його якість та стандартизують виробництво. Високий вміст води у меді може вказувати на низьку концентрацію цукрів та інших корисних речовин, що впливає на його якість та тривалість зберігання. Низький вміст води є важливим для стабільності та довготривалого зберігання меду, адже вода може стимулювати розвиток мікроорганізмів та сприяти кристалізації.

Відповідно до стандарту, вміст вологи у меді не може перевищувати 21% для першого гатунку та 18,5% – для вищого гатунку. Згідно з вимогами Наказу 330, максимальний допустимий вміст вологи в меді не повинен перевищувати 20%.

Таблиця 4.6. Органолептичні показники органічного меду залежно від ботанічного походження (n=30)

Показники	Монофлорний квітковий (гречаний)	Поліфлорний квітковий (луговий)
Колір	темно-коричневий	жовтий
Аромат	приємний специфічний	приємний специфічний
Смак	приємний, терпкий, подразнює слизову оболонку ротової порожнини	солодкий, приємний, без стороннього присмаку
Консистенція	рідка	рідка
Кристалізація	відсутня	відсутня

Одержані результати свідчать про відповідність вмісту вологи у меді національному стандарту та Наказу (4.7).

Таблиця 4.7 Біохімічні показники органічного меду, %

Біохімічні показники	Монофлорний квітковий (гречаний)	Поліфлорний квітковий (луговий)
Вміст води, %	18,2±0,32	19,8±0,10
Масова частка відновлювальних цукрів (до безводної речовини),%	78,4±1,25	81,3±2,36
Масова частка сахарози (до безводної речовини),%	2,7 ±0,2	3,1±0,3
Діастазна активність меду, од. Готе	19,1±0,92	12,8±1,11
Вміст проліну, мг на 1 кг	360,5±10,1	278,3±13,4
Якісна реакція на наявність паді	негативна	негативна

Масова частка відновлювальних цукрів становила в середньому 78,4% для гречаного меду і 81,3 – для поліфлорного лугового. За вимогами стандарту цей показник не повинен бути нижчим за 70%, а за вимогами Наказу – не менше ніж 60 г/100г.

Кількість сахарози у меді, згідно з вимогами Наказу, повинна залишатися не більше 5 г на 100 г продукту, що еквівалентно 5%. Згідно зі стандартом, максимальна допустима кількість сахарози не повинна перевищувати 6%. Отримані результати свідчать про відповідність даного показника вимогам як стандарту, так і Наказу.

Діастазне число меду – це показник, який характеризує активність ферменту діастази в меді. Діастаза – це група ферментів, які розкладають складні цукри, зокрема крохмаль і декстрин, на прості цукри, такі як мальтоза та глюкоза. Визначення діастазного числа є важливою характеристикою для якості і подальшого використання меду. Діастаза у меді може бути визначена в од. Готе або за шкалою Шейда, що є одиницями активності ферменту. Це важливий показник при визначенні ступеня обробки меду.

Відповідно до стандартів, для високоякісного меду діастазне число повинно бути 15,0 одиниць Готе, а для першого ґатунку – 10,0. Згідно вимог Директиви та Наказу, вміст діастази не повинен бути менше 8 одиниць за шкалою Шейда.

Отримані дані вказують на те, що діастазне число гречаного меду перевищує аналогічний показник поліфлорного меду в 1,5 раза ($p \leq 0,05$).

Пролін є амінокислотою, що входить до складу білка, і його висока концентрація свідчить про високу якість меду. Пролін відіграє важливу роль у формуванні смаку, аромату та якості меду, і його вміст є важливим елементом для оцінки цінності цього природного продукту. Результати досліджень показали, що вміст проліну у поліфлорному меді був у 1,3 раза меншим за цей показник у гречаному ($p \leq 0{,}001$).

Результати якісної реакції на наявність паді вказали на її відсутність як у меді гречаному, так і поліфлорному.

Мед включає як органічні, так і неорганічні кислоти, і їх кількість, залежить від багатьох факторів, таких як медозбір, ботанічне походження та інші чинники, визначається показником кислотності. Під час зберігання кислотність збільшується через утворення органічних кислот з цукрів.

Порівняльний аналіз національних і міжнародних вимог показав розбіжність у цих показниках. Згідно з державним стандартом, кислотність меду не повинна перевищувати 40 та 50 мекв/кг для меду вищого та першого ґатунку відповідно. Однак, згідно з вимогами Директиви та Наказу, цей показник не повинен перевищувати 50 мекв/кг. Результати визначення загальної кислотності зразків меду представлені на рис. 4.1.

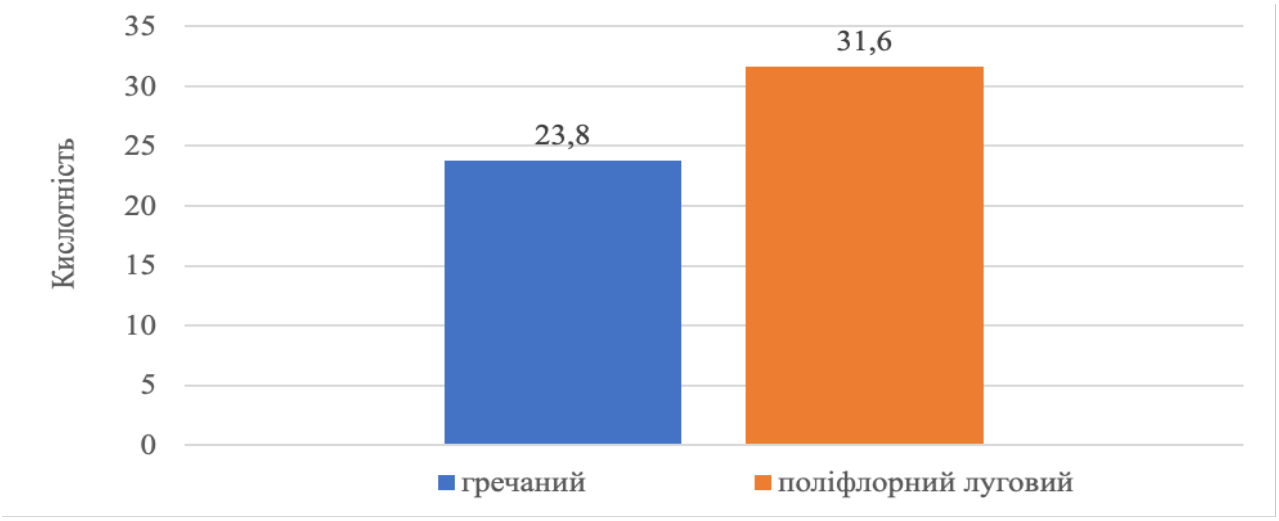


Рисунок 4.1 Кислотність органічного меду

Кислотність поліфлорного меду була у 1,3 раза вищою за показники гречаного ($p \leq 0{,}05$).

Під час аналізу вмісту гідроксиметилфурфуролу виявлено його збільшення у пробах поліфлорного меду. Різниця є статистично значущою при рівні значимості $p \leq 0{,}05$. Всі зразки відповідають встановленим вимогам національного стандарту, Наказу та європейських нормативів.

Відповідно до національного стандарту, цей показник не повинен перевищувати 10 мг/кг (для вищого ґатунку) та 25 мг/кг (для першого ґатунку).

Згідно з вимогами Директиви та Наказу, вміст гідроксиметилфурфуролу не повинен перевищувати 40 мг/кг (рис. 4.2).

Безпечність меду визначається за допомогою різних показників, які включають в себе вміст токсичних елементів, пестицидів, радіонуклідів та інших забруднювачів.

Відповідність показників безпечності меду гарантує, що продукт відповідає встановленим стандартам і не містить шкідливих речовин чи мікроорганізмів, що можуть впливати на здоров’я споживача. Цей аспект має вирішальне значення для збереження довіри споживачів до меду як безпечного та якісного продукту харчування. Вимоги до безпечності включають контроль виробничих процесів і зберігання меду, а також дотримання норм і стандартів, спрямованих на захист здоров'я споживачів.

Мед повинен відповідати встановленим нормам щодо вмісту токсичних елементів, таких

як свинець, цинк, кадмій та інші. Токсичні елементи в меді можуть представляти загрозу для здоров'я споживачів, якщо їх вміст перевищує встановлені вимоги. Пестициди у меді можуть потрапляти в результаті обробки рослин або забруднення довкілля. Результати досліджень свідчать про відсутність пестицидів, важких металів та радіонуклідів у меді.

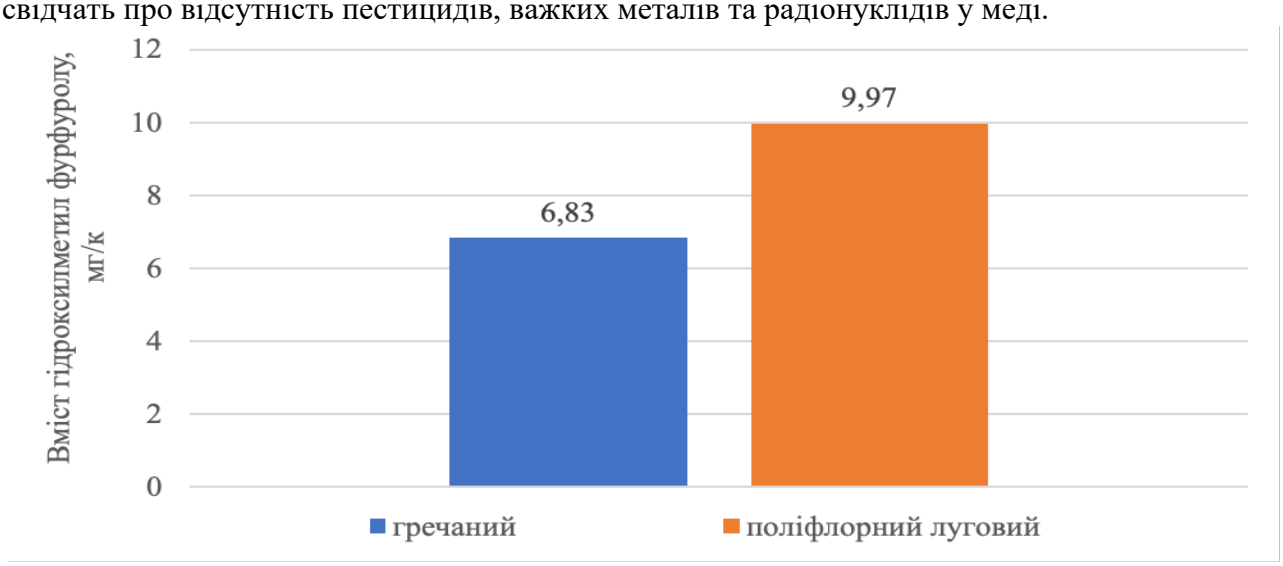


Рисунок 4.2. Вміст гідроксиметилфурфуролу у органічному меді

Отже, у результаті проведення пилкового аналізу було встановлено, що за походженням мед був монофлорний квітковий (47% пилку гречки) та поліфлорний квітковий (пилкові зерна кількох видів лугового різнотрав'я). Вміст вологи відповідав вимогам національного стандарту та Наказу. Масова частка відновлювальних цукрів становила в середньому 78,4% для гречаного меду і 81,3 – для поліфлорного лугового. Діастазне число гречаного меду перевищує аналогічний показник поліфлорного меду в 1,5 раза ($p \leq 0,05$). Вміст проліну у поліфлорному меді був у 1,3 раза меншим за цей показник у гречаному ($p \leq 0,05$). Результати якісної реакції на наявність паді вказали на її відсутність як у меді гречаному, так і поліфлорному. Кислотність поліфлорного меду була у 1,3 раза вищою за показники гречаного ($p \leq 0,05$). Під час аналізу вмісту гідроксиметилфурфуролу виявлено його збільшення у пробах поліфлорного меду ($p \leq 0,05$). Всі зразки відповідають встановленим вимогам національного стандарту, Наказу та європейських нормативів. Вимоги до безпечності включають контроль виробничих процесів і зберігання меду, а також дотримання норм і стандартів, спрямованих на захист здоров'я споживачів. Результати досліджень свідчать про відсутність пестицидів, важких металів та радіонуклідів у меді.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 4.2

Adamchuk, L. O., Silonova, N. B., Sukhenko, V. Y., & Pylypko, K. V. (2020). Regulatory standards of honey safety and quality. Animal Science and Food Technology, 11(4), 5–18. https://doi.org/10.31548/animal2020.04.005

Aleksiev, G., & Doncheva, D. (2021). Organic production impact on consumers: The case of Bulgarian organic honey. *Calitatea, 22*(182), 154–158.

Bilici, F., & Seren, N. (2025). A study on consumers' knowledge of distinguishing natural and organic honey. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 13*(3), 545–552. https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i3.545-552.7182

Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey, OJ L 10, 12.1.2002, p. 47–52.

Council of the European Union: Council Regulation No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. In: Off J Eur Union 2007.

Dobrinas, S., Soceanu, A., Birghila, S., Birghila, C., Matei, N., Popescu, V., & Constanda, L. M. (2022). Chemical analysis and quality assessment of honey obtained from different sources. *Processes, 10*(12), 2554. https://doi.org/10.3390/pr10122554

European Commission: Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control. In: Off J Eur Union 2008.

Fakhlaei, R., Selamat, J., Khatib, A., Razis, A. F. A., Sukor, R., Ahmad, S., & Babadi, A. A. (2020). The toxic impact of honey adulteration: A review. *Foods, 9*(11), 1538. https://doi.org/10.3390/foods9111538

Hermanns, R., Mateescu, C., Thrasyvoulou, A., Tananaki, C., Wagener, F. A. D. T. G., & Cremers, N. A. J. (2019). Defining the standards for medical grade honey. *Journal of Apicultural Research, 58*(1), 125–135. https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1693713

IFOAM EU and FiBL (2016). *Organic Farming, Climate Change Mitigation and Beyond: Reducing the Environmental Impacts of EU Agriculture*. Brussels: IFOAM EU. Available online: https://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/ifoameu_advocacy_climate_change_report_2016.pdf

Kesse-Guyot, E., Baudry, J., Assmann, K., Galan, P., Hercberg, S. and Lairon, D. (2017). Prospective association between consumption frequency of organic food and body weight change, risk of overweight or obesity: results from the NutriNet-Santé Study. *British Journal of Nutrition*, 117(02), pp.325-334. doi:10.1017/S0007114517000058

Lisohurska O. V., Lisohurska D. V., Sokolyuk V. M., Furman S. V., Kryvyi M. M., Ligomina I. P. Inventory of managed honey bee population in Zhytomyr region (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology.* 2020. Vol. 10 (1). P. 133–137. DOI: 10.15421/2020_21.

Methods for determining the botanical origin of honey / Adamchuk L., Sukhenko V., Akulonok O., Bilotserkivets T. et al. Potravinarstvo. *Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. T. 14. P. 483–493. DOI:10.5219/1386

Murmura, F., Liberatore, L., Musso, F., Bravi, L., & Pierli, G. (2024). Organic honey – Comparison of generational behaviour and consumption trends after COVID-19. *Journal of Food Products Marketing, 30*(12), 67–88. https://doi.org/10.1080/10454446.2024.2320649

Obey, J. K., Ngeiywa, M. M., Lehesvaara, M., Kauhanen, J., von Wright, A., & Tikkanen-Kaukanen, C. (2022). Antimicrobial activity of commercial organic honeys against clinical isolates of human pathogenic bacteria. *Organic Agriculture, 12*(2), 267–277. https://doi.org/10.1007/s13165-021-00372-9

Orsini, S., Padel, S., Lampkin, N. (2018) Labour Use on Organic Farms: A Review of Research since 2000. *Organic Farming,* 4(1). DOI: 10.12924/of2018.04010007.

Panseri, S., Bonerba, E., Nobile, M., Di Cesare, F., Mosconi, G., Cecati, F., Arioli, F., Tantillo, G., & Chiesa, L. (2020). Pesticides and environmental contaminants in organic honeys according to their different productive areas toward food safety protection. *Foods, 9*(12), 1863. https://doi.org/10.3390/foods9121863

Polak-Śliwińska, M., & Tańska, M. (2021). Conventional and organic honeys as a source of water- and ethanol-soluble molecules with nutritional and antioxidant characteristics. *Molecules, 26*(12), 3746. https://doi.org/10.3390/molecules26123746

Prathibani, I. G. O. N., Rathnayake, P., Jayasekara, I. G. R. I., & Somaratne, G. (2025). Quality, safety, and functional properties of bee honey: A review. The Journal of Nutrition and Food Sciences, 3(1), 19–47. https://doi.org/10.4038/jnfs.v3i1.15

Romanchuk L. D., Lisohurska O. V., Furman S. V , Lisohurska D. V., Kryvyi M. M., Skydan O. V. Efficiency of natural spruce extract against varroatosis in organic beekeeping. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2020. Vol. 10 (6). P. 38–41. DOI: 10.15421/2020_254.

Schrama, M., de Haan, J.J., Kroonen, M., Verstegen, H., Van der Putten, W.H., (2018). Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 256, pp.123-130. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.023

Seufert, V., Ramankutty, N. and Mayerhofer, T. (2017). What is this thing called organic? – How organic farming is codified in regulations. *Food Policy*, 68, pp.10-20. DOI: 10.1016/j.foodpol.2016.12.009

Stanojević, S. P., Milinčić, D. D., Smiljanić, N., Pešić, M. B., Nedić, N. M., Kolašinac, S., Dojčinović, B., Dajić-Stevanović, Z., & Kostić, A. Ž. (2024). Conventional vs. organically produced honey-Are there differences in physicochemical, nutritional and sensory characteristics? *Foods, 13*(22), 3573. https://doi.org/10.3390/foods13223573

Tadesse, B., Tilahun, Y., Woyamo, W., Bayu, M., & Adimasu, Z. (2021). Factors influencing organic honey production level and marketing: Evidence from southwest Ethiopia. *Heliyon, 7*(9), e07975. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07975

The inhibitory effect of Ukrainian honey on probiotic bacteria Sidashova S., Adamchuk L., Yasko V., Kirovich N., Lisohurska D., Postoienko H., Lisohurska O., Furman S., Bezditko L. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences.* 2022. Vol. 16. P. 149–160. doi: 10.5219/1386.

Vapa-Tankosić, J., Ignjatijević, S., Kiurski, J., Milenković, J., & Milojević, I. (2020). Analysis of consumers' willingness to pay for organic and local honey in Serbia. *Sustainability, 12*(11), 4686. https://doi.org/10.3390/su12114686

ДСТУ 7670:2014 Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначання вмісту токсичних елементів

ДСТУ EN 12393-1:2003 Продукти харчові нежирові. Визначення вмісту залишків пестицидів газохроматографічним методом. Частина 1. Загальні положення (EN 12393-1:1998, IDT)

Мед натуральний. Технічні умови : ДСТУ 4497:2005. [Чинний від 2005-12-28]. К. : Держспоживстандарт України, 2007. III, 22 с., включ. обкл.: табл.; 29 см. (Нац. стандарт України).

Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин : Закон України від 31.12.2023 № 2042-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19#Text (дата звернення: 09.01.2024).

Про затвердження Вимог до меду : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 330 від 19 червня 2019р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0725-19#Text

Про затвердження Державних гігієнічних нормативів Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 3 травня 2006 року № 256. https://ips.ligazakon.net/document/re12719

Про затвердження Методичних вказівок "Відбір проб, первинна обробка та визначення вмісту ^{90}Sr та ^{137}Cs в харчових продуктах". Наказ №446 від 11 серпня 2008 р. https://ips.ligazakon.net/document/MOZ8534

Про затвердження Порядку відбору зразків та їх перевезення (пересилання) до уповноважених лабораторій для цілей державного контролю та Форми акта відбору зразків. Наказ Мінністерсва аграної політики та продовольства України № 490 від 11.10.2018 https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1464-18#Text

Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України від 23.12.1997 р. № 771/97-ВР. URL: https://ips.ligazakon.net/document/Z970771?an=748971 (дата звернення: 09.01.2024).

Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції : Закон України від 10 липня 2018 року № 2496-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text (дата звернення 29.01.2024).

Скрипка, Г., Найдіч, О., & Тімченко, О. (2023). Визначення залишкових кількостей антибактеріальних речовин у меді вітчизняних та закордонних виробників. Аграрний вісник Причорномор'я, (106). https://doi.org/10.37000/abbsl.2023.106.11

4.3. Динаміка показників меду в процесі зберігання

Світлана Фурман, Діна Лісогурська, Ольга Лісогурська, Леонора Адамчук

В умовах глобалізації особливо актуальною залишається проблема забезпечення населення безпечними і якісними харчовими продуктами відповідно до міжнародних вимог *(Пислар, 2012)*. В Україні розроблені відповідні нормативно-правові акти, які визначають принципи державного контролю та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів, у тому числі і апіпродуктів.

Оцінка сучасного стану виробництва меду в Україні показує, що країна входить до п'ятірки світових виробників та експортерів і є лідером у Європі. Зростання експорту меду з України обумовлено збільшенням його споживання, наданням квот та співвідношення ціни і якості *(Скоромна і Разанова, 2019)*. Українські бджолярі розуміють, що успіх їхнього бізнесу переважно залежить від безпечності та якості продуктів бджільництва, які вони виробляють. Серед апіпродуктів найбільш популярним є бджолиний мед, корисні властивості якого відомі з давніх часів і досліджені науковцями *(Бащенко та ін., 2016)*. На безпечність і якість меду впливає ряд чинників, у тому числі і тривалість зберігання, що викликає науковий інтерес та обумовлює напрям дослідження.

Питання, пов'язані із вивченням впливу терміну зберігання на якість меду знайшли своє відображення у роботах ряду авторів *(Головецький і Скрипник, 2011; Лазарєва та ін., 2017).* При зберіганні залежно від умов відбуваються зміни в показниках, що обумовлює кристалізацію меду.

На термін зберігання впливають ряд чинників, зокрема температура, вологість, тара, герметичність та ін.

Існує ряд вимог, які дозволять натуральному продукту зберігатися довше. Мед потрібно зберігати у чистих приміщеннях, без надмірної вологості.

Так, у працях *Лазарєвої та ін. (2017)* зазначено як змінюються деякі показники протягом 6 місяців зберігання, зокрема, вологість, діастазна активність та вміст гідроксиметилфурфуролу. Існують дослідження інших показників.

Manickavasagam et al. (2024) у своєму систематичному огляді проаналізували вплив тривалого зберігання на фізико-хімічні властивості та склад меду. Автори з'ясували, що зі збільшенням тривалості зберігання знижується діастазна активність, зростає вміст гідроксиметилфурфуролу (HMF), а також можуть змінюватися органолептичні характеристики, що суттєво впливає на якість і безпечність продукту. Дослідження підкреслює важливість дотримання температурного режиму під час зберігання, а також пропонує чіткі критерії для оцінки придатності меду до споживання залежно від тривалості зберігання

Автори *Tarapoulouzi et al. (2023)* акцентують увагу на сучасних інструментах хемометрії, які дозволяють ефективно відстежувати зміни якості меду в процесі його переробки та зберігання. Автори відзначають, що методи хемометричного аналізу, зокрема багатовимірна статистика, аналіз головних компонент (PCA), дискримінантний аналіз (DA) та кластеризація, дозволяють не лише точно класифікувати зразки меду, а й виявляти зміни, що відбуваються в його складі внаслідок термічної обробки або тривалого зберігання. Дослідження підкреслює важливість поєднання спектроскопічних і хімічних методів з математичним моделюванням для більш надійної та об'єктивної оцінки меду, зокрема з метою автентифікації, виявлення фальсифікатів та прогнозування зміни якості в часі. Автори наголошують, що впровадження хемометрії в стандартні лабораторні процедури може значно підвищити ефективність контролю якості на всіх етапах виробництва та реалізації меду.

Вплив температури зберігання на показники якості квіткового меду, зокрема на гідроксиметилфурфурол і діастазу, був предметом аналізу в дослідженні *Şireli and Saylak (2025).* Автори виявили, що зберігання меду при температурі 35–37 °C призводить до значного підвищення рівня HMF та зниження діастазної активності, що негативно впливає на якість

продукту. Натомість, зберігання при 4–6 °C або 20–22 °C дозволяє зберегти ці показники в межах нормативних значень, рекомендованих Турецьким харчовим кодексом.

Flanjak et al. (2022) проаналізували, як обробка (зокрема теплова) й подальше зберігання позначаються на стабільності шавлієвого меду (*Salvia officinalis L.*). Дослідили динаміку зміни ключових показників якості, серед яких вміст вологи, електропровідність, рівень гідроксиметилфурфуролу (HMF), діастазна активність та антиоксидантні властивості. Результати показали, що як термічна обробка, так і тривале зберігання при підвищених температурах призводять до суттєвого зниження ферментної активності та накопичення HMF - сполуки, яка слугує індикатором свіжості меду. Це негативно впливає не лише на якісні характеристики, а й на безпеку продукту. Автори підкреслюють, що дотримання контрольованих умов зберігання (температури нижче 20 °C, відсутність прямого світла, мінімальна вологість) є критично важливим для збереження якості шавлієвого меду протягом тривалого часу. Крім того, вони рекомендують уникати надмірної обробки під час фасування, щоб максимально зберегти біологічно активні компоненти.

У роботі *Zheplinska et al. (2022)* представлено результати створення напою на основі меду, а також проведено оцінку його якості та стабільності протягом періоду зберігання. Автори наголошують, що мед не лише слугує природним підсолоджувачем, а й виконує роль джерела біологічно активних речовин, зокрема антиоксидантів і антибактеріальних сполук. У ході дослідження було проаналізовано органолептичні властивості, хімічний склад, мікробіологічну стабільність та фізико-хімічні параметри напою протягом визначеного періоду зберігання. Результати показали, що додавання меду позитивно вплинуло на смакові характеристики та подовжило строк придатності продукту без використання синтетичних консервантів. Автори підкреслюють, що використання меду у виробництві функціональних напоїв є перспективним напрямом для розробки натуральних, корисних для здоров'я альтернатив традиційним напоям, особливо в контексті зростання споживчого попиту на продукти з «чистою етикеткою»

У дослідженні *Iglesias et al. (2006)* було проаналізовано зміни вмісту вільних амінокислот у меді під час зберігання при кімнатній температурі. Автори виявили, що вміст більшості вільних амінокислот зменшується з часом, з найбільшим зниженням протягом перших 9 місяців. Однак вміст аспарагінової кислоти, β-аланіну та проліну збільшувався в перші місяці зберігання, досягаючи максимуму на 6 місяці, що свідчить про можливу наявність ферментативної активності.

У своєму огляді *Ramly et al. (2021)* проаналізували вплив різних методів обробки на якість меду. Автори розглянули п'ять основних технологій: термічну обробку, мікрохвильову обробку, термосонікацію, високотискову обробку та сушіння розпиленням. Дослідження показало, що кожен із цих методів по-різному впливає на фізико-хімічні властивості меду, зокрема на вміст вологи, активність ферментів, рівень гідроксиметилфурфуролу (HMF) та антиоксидантну активність. Наприклад, термічна обробка може знижувати ферментативну активність та підвищувати рівень HMF, що свідчить про зниження якості продукту. Натомість альтернативні методи, такі як високотискова обробка та термосонікація, можуть зберігати біоактивні сполуки меду краще, ніж традиційні термічні методи.

Ramírez Cervantes et al. (2000) вивчали, як короткотривала теплова обробка впливає на показники якості меду під час його подальшого зберігання. Вчені дослідили два види мексиканського меду, які піддавали нагріванню при 55 °C протягом 3, 6, 9 та 15 хвилин. Результати показали, що така обробка незначно вплинула на основні показники якості меду, за винятком активності діастази в меді, яка зменшилася. Під час зберігання спостерігалося поступове зростання вмісту гідроксиметилфурфуролу (HMF) та зміна кольору. Таким чином, короткочасне нагрівання меду при 55 °C може бути прийнятним методом обробки, оскільки не призводить до значних змін якості продукту під час зберігання

Zarei et al. (2019) дослідили, як змінюються фізико-хімічні та антиоксидантні властивості меду в процесі його зберігання протягом шести місяців при температурі 25 °C. Основну увагу приділено показникам вологи, pH, електропровідності, вмісту глюкози та фруктози, рівню

гідроксиметилфурфуролу (HMF) та загальній антиоксидантній активності. Автори виявили, що з часом відбувається статистично значуще зниження антиоксидантної активності, зростання вмісту HMF та зміна співвідношення редукуючих цукрів, що вказує на погіршення харчової цінності продукту. Вологість залишалася стабільною, але pH поступово знижувався. Науковці роблять висновок, що зберігання меду навіть при кімнатній температурі суттєво впливає на його якість, і рекомендують мінімізувати тривалість зберігання для збереження функціональних властивостей

У публікації *Šarić et al. (2020)* описано зміни флавоноїдного складу меду під впливом зберігання, що безпосередньо пов'язано з його біологічною цінністю. Автори зосередили увагу на змінах концентрацій окремих флавоноїдів, зокрема кверцетину, апігеніну та пінобанксину, під час зберігання за різних умов. Результати дослідження свідчать, що тривале зберігання, особливо за підвищених температур і за наявності доступу світла, призводить до суттєвого зниження вмісту флавоноїдів, що, у свою чергу, знижує антиоксидантну здатність меду. Автори наголошують на необхідності дотримання оптимальних умов зберігання (низька температура, темна тара) для збереження біоактивних компонентів, що робить флавоноїди надійним індикатором свіжості та якості меду протягом усього терміну зберігання.

Živkov Baloš et al. (2023) описують динаміку зміни основних якісних характеристик соняшникового меду в залежності від умов зберігання. Було виявлено, що найвідчутніші зміни стосуються підвищення рівня гідроксиметилфурфуролу (HMF) та зниження діастазної активності, що є типовими індикаторами старіння меду. Автори наголошують, що хоча соняшниковий мед демонструє добру стабільність при зберіганні, температура має вирішальне значення. При зберіганні за кімнатної температури відбувається поступова деградація якості, тоді як охолодження значно уповільнює ці процеси. Також відзначено, що органолептичні властивості (смак, аромат, колір) залишаються задовільними протягом тривалого часу лише за умов правильного пакування та відсутності світла. Дослідження підтверджує необхідність дотримання оптимальних умов зберігання для збереження харчової цінності меду.

Scepankova et al. (2024) розглянули застосування високого тиску як альтернативного методу збереження меду з метою збереження його якості протягом тривалого зберігання. Автори порівняли якісні характеристики обробленого високим тиском меду з необробленим зразком, оцінюючи такі параметри, як активність ферментів, вміст гідроксиметилфурфуролу (HMF), антиоксидантна здатність та органолептичні властивості. Результати показали, що обробка високим тиском значно краще зберігає біоактивні властивості меду в порівнянні з традиційним зберіганням. Зокрема, процедури дозволили зменшити швидкість деградації ферментів та зростання HMF, що свідчить про збереження свіжості продукту. Автори вважають високий тиск перспективною технологією для подовження терміну придатності меду без втрати його функціональних і сенсорних якостей

Visquert et al. (2014) вивчили вплив умов післязбирального зберігання на зміни кольору та показників «свіжості» сирого меду. Зокрема, автори проаналізували, як різні температурні режими та тривалість зберігання впливають на такі параметри, як оптична щільність, значення кольору згідно шкали Pfund та інтенсивність жовтого та бурого відтінків. Дослідження показало, що підвищення температури зберігання призводить до потемніння меду та зростання показників, пов’язаних з деградацією якості (наприклад, збільшення HMF). Зниження температури, навпаки, допомагає зберегти колір і свіжість протягом більш тривалого часу. Автори підкреслюють важливість контролю умов зберігання меду як ключового чинника у збереженні його привабливих сенсорних та якісних характеристик

У дослідженні *Visquert et al. (2014)* вивчено вплив умов післязбирального зберігання на зміни кольору та показників «свіжості» сирого меду. Зокрема, автори проаналізували, як різні температурні режими та тривалість зберігання впливають на такі параметри, як оптична щільність, значення кольору згідно шкали Pfund та інтенсивність жовтого та бурого відтінків. Дослідження показало, що підвищення температури зберігання призводить до потемніння меду та зростання показників, пов’язаних з деградацією якості (наприклад, збільшення HMF). Зниження температури, навпаки, допомагає зберегти колір і свіжість протягом більш

тривалого часу. Автори підкреслюють важливість контролю умов зберігання меду як ключового чинника у збереженні його привабливих сенсорних та якісних характеристик

Публікація *Raweh et al. (2022)* демонструє, що умови зберігання суттєво впливають на якість меду з акації Таль, зокрема на його кислотність та ферментну активність. Особливу увагу було приділено рівню вільної кислотності, що є важливим показником якості та свіжості продукту. Автори встановили, що температура та тривалість зберігання значно впливають на показники якості: при вищих температурах відбувалося зростання кислотності, погіршення кольору, а також зниження активності ферментів. Водночас зберігання при 4 °C дозволяло зберігати мед стабільним протягом тривалого періоду. Дослідники підкреслюють, що контроль умов зберігання є критично важливим для підтримки якості та безпечності меду, особливо в регіонах із жарким кліматом.

Метою досліджень було дослідити вплив тривалості зберігання меду на його безпечність та якість. У завдання дослідження входило під час весняної ревізії сформувати бджолині сім'ї-аналоги, однакові за походженням, силою, запасами корму, віком матки); відібрати зразки центрифужного меду і визначити показники якості та безпечності меду (колір, аромат, смак, консистенцію, ознаки бродіння, кристалізацію; наявність та видовий склад пилкових зерен, водність, діастазна активність, кислотність; кількість дріжджових клітин).

Дослідження були проведені на приватній пасіці Житомирської області. Були сформовані бджолині сім'ї-аналоги і відібрані зразки меду. Показники безпечності та якості меду досліджували після 14 днів, 12 та 24 місяців зберігання зразків у скляній герметично закритій тарі, без доступу сонячного світла, за кімнатної температури. Визначення органолептичних (колір, аромат, смак, консистенцію, ознаки бродіння, кристалізацію) та таких лабораторних показників як водність, діастазна активність, кислотність проводили згідно з ДСТУ 4497:2005.

З метою визначення ботанічного походження меду проводили пилковий аналіз та визначення кількості пилкових зерен. Для визначенні кількості пилкових зерен у меді підраховували їх загальну кількість у полі зору мікроскопа. Для визначення масової частки пилку певного виду медоносу здійснювали морфологічний опис пилкових зерен, визначали їх ботанічне походження та визначали пилку якого медоносу найбільше *(Adamchuk et al, 2020).*

Як видно з даних табл. 4.8, колір, аромат та смак меду протягом зберігання не змінилися. Через 12 місяців мед кристалізувався. За 24 місяці зберігання органолептичні показники меду, за якими можна зробити висновок про його якість, не змінилися. Видимих ознак бродіння не спостерігали на 14 день, через 12 та 24 місяці зберігання.

Таблиця 4.8 Органолептичні показники меду (n=60)

Показник	Термін зберігання		
	14 днів	12 місяців	24 місяці
Колір	жовтий	жовтий	жовтий
Аромат	приємний специфічний	приємний специфічний	приємний специфічний
Смак	солодкий, приємний, без стороннього присмаку	солодкий, приємний, без стороннього присмаку	солодкий, приємний, без стороннього присмаку
Консистенція	рідка	щільна	щільна
Кристалізація	відсутня	крупнозерниста	крупнозерниста

Пилковий аналіз показав, що у меді не було домінуючого пилку, а лише супутній і випадковий. Були виявлені пилкові зерна лугового різнотрав'я і їх відсоткове співвідношення коливалось від 3 до 23. Ці дані свідчать про те, що мед був поліфлорний лучний.

Показники, яким повинен відповідати мед в межах ринку ЄС, зазначені у Директиві Ради 2001/110/ЄС. Затверджений та набрав чинності Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України за № 330, у якому зазначені вимоги до меду. Згідно вимог Наказу, мед

вважається монофлорним, якщо у ньому виявлено не менше 30% пилку одного виду медоносу, а для меду з акації та липи – не менше 20%.

Один з найбільш важливих показників якості меду є вміст вологи. За різними літературними даними, він залежить від ботанічного походження і ступеня зрілості даного продукту, умов медозбору та інших факторів. Він може варіювати від 13 до 28%. Згідно державного стандарту, вміст вологи у меді не повинен перевищувати 21% для меду першого гатунку і 18,5 – для вищого. Згідно вимог Наказу, вміст вологи не повинен перевищувати 20 %, для вересового меду – 23%, для меду, призначеного для кондитерських виробів – не вище 23, для кондитерських виробів з вересу – 25 %. У результаті проведених лабораторних досліджень (табл. 4.9) встановлено, що масова частка води у зразках меду вірогідно зменшилась за 12 місяців зберігання на 1,9% ($p \leq 0,001$), за 24 − збільшилась на 0,8% ($p \leq 0,001$) і наближалась до найвищого допустимого показника − 21%.

Таблиця 4.9 Вміст води у меді, %

Термін зберігання	M±m	Min	Max
14 днів	20,1±0,10	19,6	20,5
12 місяців	18,2±0,32	15,2	21,0
24 місяці	20,9±0,09	19,9	21,8

У меді є низка ферментів, серед яких найбільш вивчений діастаза. Ферментативна активність медів, що виражається діастазним числом, змінюється у широких межах *(Адамчук і Білоцерківець, 2015).* Діастазне число меду, що залежить від багатьох чинників, зокрема від медоносних фітоценозів, ґрунтових умов, терміну зберігання меду і способів обробки, а також багатьох інших чинників.

Як видно з даних табл. 4.10 за 12 місяців зберігання діастазна активність меду зменшилась на 6,3 од. Готе ($p \leq 0,05$). За вимогами державного стандарту, мед який містить діастази менше 5 од. Готе, забороняється реалізовувати. Протягом 24 місяців даний показник зменшився на 15,5 ($p \leq 0,001$), тобто становив 3,6 од. Готе. Згідно вимог стандарту, для меду вищого ґатунку діастазне число меду повинно становити 15, 0 од. Готе, для першого ґатунку – 10,0. Згідно вимог Директиви та Наказу – не менше ніж 8 одиниць за шкалою Шейда.

У склад меду входять як органічні, так і неорганічні кислоти. Їх кількість, що залежить від медозбору, ботанічного походження меду та інших чинників, характеризується показником кислотності. При зберіганні кислотність збільшується. Це пов’язано з утворенням органічних кислот із цукрів. Порівняння національних і міжнародних вимог показало невідповідність в деяких показниках. За вимогами державного стандарту кислотність меду не повинна перевищувати 40 і 50 мекв/кг відповідно для меду вищого та першого гатунку. Згідно вимог Директиви та Наказу, цей показник не повинен перевищувати 50 мекв/кг, а для меду, призначеного для кондитерських виробів – 80 мекв/кг. Результати визначення загальної кислотності відібраних зразків меду наведені на рис. 4.3. Протягом 12 місяців зберігання кислотність меду збільшилась на 6,1 мекв/кг ($p \leq 0,05$), а за 24 місяці – на 9,3 ($p \leq 0,05$).

Таблиця 4.10 Діастазна активність меду, од.Готе

Термін зберігання	M±m	Min	Max
14 днів	19,1±0,92	14	22
12 місяців	12,8±1,11	8	18
24 місяці	3,6±0,48	2	4

При визначенні вмісту гідроксиметифурфуролу також виявили його збільшення, зокрема, протягом 12 місяців – на 1,89 мг/кг. Проте різниця не вірогідна (рис. 4.4).

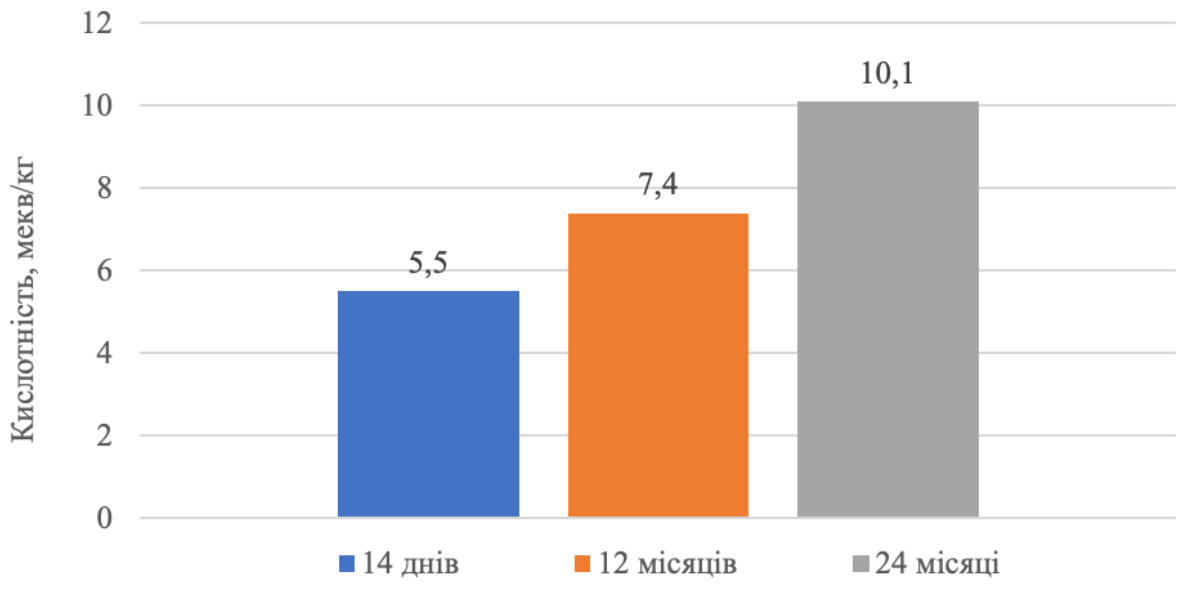


Рис. 4.3 Динаміка кислотності меду протягом зберігання

За 24 місяці зберігання цей показник збільшився на 4,6 мг/кг. Різниця вірогідна при ($p \leq 0,05$). Всі зразки протягом тривалого зберігання відповідали вимогам як національного стандарту, так і європейським. Згідно національного стандарту цей показник не повинен бути більше 10 мг/кг (вищий ґатунок) та 25 мг/кг (перший ґатунок). За вимогами Директиви та Наказу вміст гідроксиметилфурфуролу не повинен перевищувати 40 мг/кг, для меду, одержаного в умовах тропічного клімату – 80.

Результати досліджень кількості дріжджових клітин у меді наведені на рис. 4.5. Через 12 місяців зберігання мед містить менше 400 тис. дріжджових клітин, в тому числі менше 15% живих. Різниця між показника вірогідна при $p \leq 0,05$.

Однак при зберіганні протягом 24 місяців у ньому виявлено 540 тис./г дріжджових клітин, з яких 92 тис./г – живі. Різниця вірогідна при $p \leq 0,001$. Якщо у меді розвиваються понад 400 тис дріжджових клітин в 1 г, що робить його нестійким до бродіння. Необхідно зазначити, що на початку зберігання водність меду становила 20,1 %, що також вплинуло на розмноження дріжджових клітин.

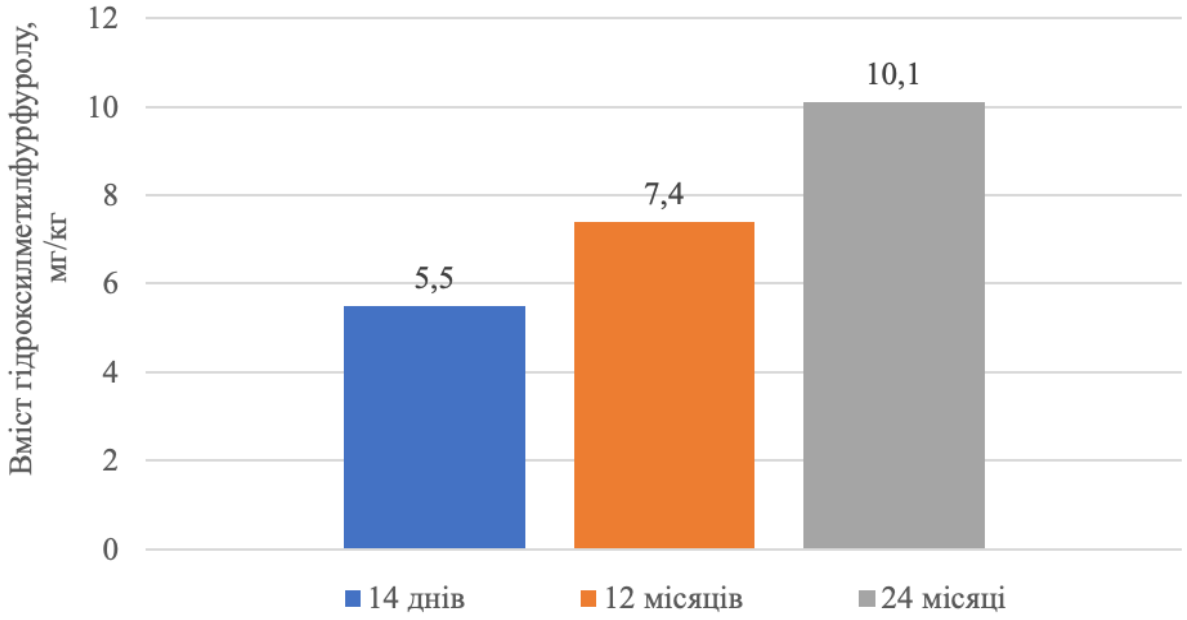


Рис. 4.4 Динаміка вмісту гідроксиметилфурфуролу у меді протягом зберігання

Тому існує необхідність перегляду вимог стандарту щодо вмісту вологи у меді та внесення у перелік досліджень визначення кількості дріжджових клітин як об'єктивного кількісного показника ознак бродіння, оскільки їх не виявляли візуально.

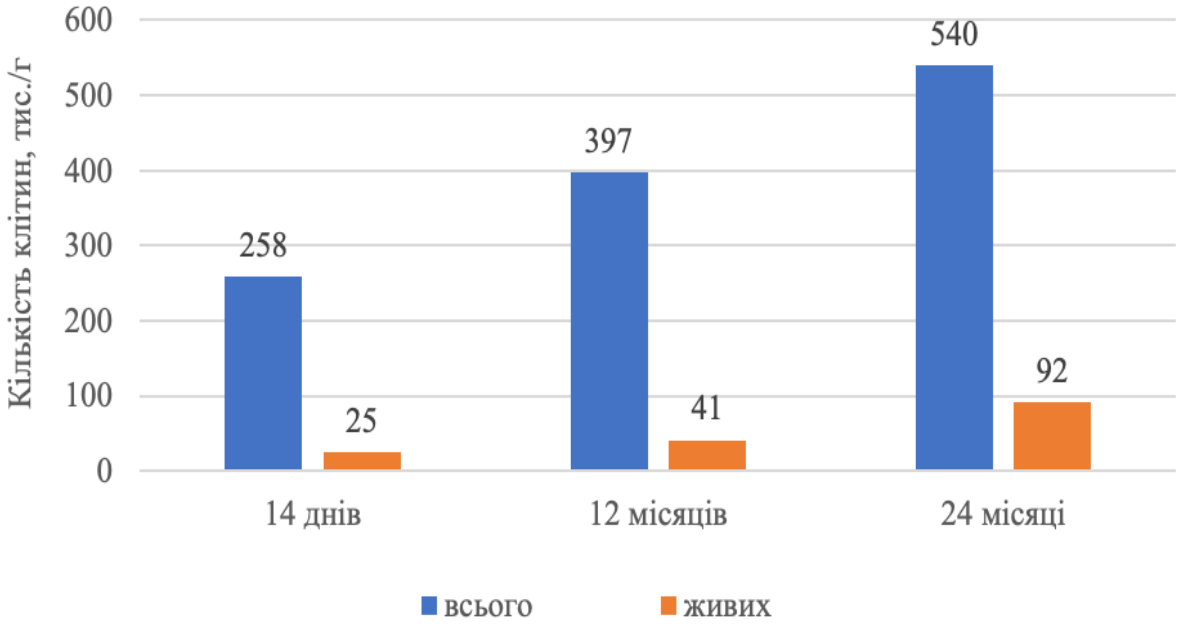


Рис. 4.5 Кількість дріжджових клітин у меді

Отже, протягом 12 місяців зберігання масова частка води в меді зменшилась на 1,9%, впрдовж 24 – збільшилась на 0,9%. За 24 місяці зберігання діастазна активність меду значно знизилась і не відповідала національним та європейським вимогам. Впродовж 24 місяців зберігання у меді розвинулось понад 400 дріжджових клітин в 1 г, що робить його нестійким до бродіння. Мед недоцільно зберігати протягом 2 років після його виробництва, оскільки у процесі зберігання знижується активність діастази, розмножуються дріжджові клітини при початковій вологості меду вище 20 %, що робить його нестійким до бродіння. Доцільно переглянути вимоги національного стандарту щодо вмісту вологи у меді та внести у перелік досліджень визначення дріжджових клітин як об'єктивного кількісного показника ознак бродіння. У зв'язку з імплементацією національного законодавства відповідно до вимог європейського рекомендуємо внести зміни до стандарту з метою врегулювання нормативів з врахуванням ботанічного походження меду.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 4.3

Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey, OJ L 10, 12.1.2002, p. 47–52.

Flanjak, I., Kenjerić, D., Strelec, I., Bilić Rajs, B., & Primorac, L. (2022). Effect of processing and storage on sage (*Salvia officinalis L.*) honey quality. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 11*(6), e3375. https://doi.org/10.55251/jmbfs.3375

Iglesias, M. T., Martín-Álvarez, P. J., Polo, M. C., de Lorenzo, C., González, M., & Pueyo, E. (2006). Changes in the free amino acid contents of honeys during storage at ambient temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*(24), 9099–9104. https://doi.org/10.1021/jf061712x

Manickavasagam, G., Saaid, M., & Lim, V. (2024). Impact of prolonged storage on quality assessment properties and constituents of honey: A systematic review. *Journal of Food Science, 89*(1), 14–28. https://doi.org/10.1111/1750-3841.16921

Methods for determining the botanical origin of honey / Adamchuk L., Sukhenko V., Akulonok O., Bilotserkivets T. et al. Potravinarstvo. *Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. T. 14. P. 483–493.

Ramírez Cervantes, M. A., González Novelo, S. A., & Sauri Duch, E. (2000). Effect of the temporary thermic treatment of honey on variation of the quality of the same during storage. *Apiacta, 35*(4), 162–170.

Ramly, N. S., Rosidi Sujanto, I. S., Abd Ghani, A., Tang, J. Y. H., Alias, N., & Ngah, N. (2021). The impact of processing methods on the quality of honey: A review. *Malaysian Journal of Applied Sciences, 6*(1), 99–110. https://doi.org/10.37231/myjas.2021.6.1.280

Raweh, H. S. A., Badjah-Hadj-Ahmed, A. Y., Iqbal, J., & Alqarni, A. S. (2022). Impact of different storage regimes on the levels of physicochemical characteristics, especially free acidity in Talh (*Acacia gerrardii* Benth.) honey. *Molecules, 27*(18), 5959. https://doi.org/10.3390/molecules27185959

Šarić, G., Vahčić, N., Bursać Kovačević, D., & Putnik, P. (2020). The changes of flavonoids in honey during storage. *Processes, 8*(8), 943. https://doi.org/10.3390/pr8080943

Scepankova, H., Majtan, J., Estevinho, L. M., & Saraiva, J. A. (2024). The high pressure preservation of honey: A comparative study on quality changes during storage. *Foods, 13*(7), 989. https://doi.org/10.3390/foods13070989

Şireli, H. D., & Saylak, Ü. (2025). The effect of storage temperature on some physicochemical properties of flower honey. *Agrociencia, 59*(1). https://doi.org/10.47163/agrociencia.v59i1.3194

Tarapoulouzi, M., Mironescu, M., Drouza, C., Mironescu, I. D., & Agriopoulou, S. (2023). Insight into the recent application of chemometrics in quality analysis and characterization of bee honey during processing and storage. *Foods, 12*(3), 473. https://doi.org/10.3390/foods12030473

Visquert, M., Vargas, M., & Escriche, I. (2014). Effect of postharvest storage conditions on the colour and freshness parameters of raw honey. *International Journal of Food Science and Technology, 49*(1), 181–187. https://doi.org/10.1111/ijfs.12296

Visquert, M., Vargas, M., & Escriche, I. (2014). Effect of postharvest storage conditions on the colour and freshness parameters of raw honey. *International Journal of Food Science and Technology, 49*(1), 181–187. https://doi.org/10.1111/ijfs.12296

Zarei, M., Fazlara, A., & Alijani, N. (2019). Evaluation of the changes in physicochemical and antioxidant properties of honey during storage. *Functional Foods in Health and Disease, 9*(9), 537–548. https://doi.org/10.31989/ffhd.v9i9.616

Zheplinska, M., Mushtruk, M., Shablii, L., Shynkaruk, V., Slobodyanyuk, N., Rudyk, Y., Chumachenko, I., Marchyshyna, Y., Omelian, A., & Kharsika, I. (2022). Development and shelf-life assessment of soft-drink with honey. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 16*, 114–126. https://doi.org/10.5219/1738

Živkov Baloš, M., Popov, N., Jakšić, S., Mihaljev, Ž., Pelić, M., Ratajac, R., & Ljubojević Pelić, D. (2023). Sunflower honey-Evaluation of quality and stability during storage. *Foods, 12*(13), 2585. https://doi.org/10.3390/foods12132585

Адамчук Л.О., Білоцерківець Т.І. Ферментативна активність меду – ознака якості та натуральності. *Біоресурси і природокористування.* 2015. Т. 7. № 1–2. С.110–114.

Бащенко М. І., Постоєнко В. О., Лазарєва Л. М. Удосконалення системи оцінки якості та безпечності меду бджолиного в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 6. С. 23–28.

Головецький І.П., Скрипник В.П. Особливості зберігання меду. *Укр. пасічник*. 2011. №11(224). С.36–39.

Лазарєва Л. М., Ковтун В. О., Шаповал Ж. В., Коваль О. С. Динаміка показників якості меду різного ботанічного походження при тривалому зберіганні. *Бджільництво України.* 2017. №. 2. С. 146–151.

Мед натуральний. Технічні умови : ДСТУ 4497:2005. [Чинний від 2005-12-28]. К. : Держспоживстандарт України, 2007. III, 22 с., включ. обкл.: табл.; 29 см. (Нац. стандарт України).

Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 330 від 19 червня 2019 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0725-19#Text

Пислар Г.В. Якість продукції бджільництва: світовий досвід та вітчизняна практика. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2012. №2(2). С. 296-307. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2012_2(2)__33

Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин: Закон України від 18.05.2017 № 2042-VIII. Рада України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws

Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів: закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР. Верховна Рада України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws

Скоромна О.І. Разанова О. П. Розвиток галузі бджільництва як джерело структури продовольчої безпеки. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. Вип. 3. С. 70-82. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/anxt_2019_3_9.

4.4. Технологічні детермінанти якості та безпечності прополісу

Діна Лісогурська, Світлана Фурман, Ольга Лісогурська

Бджільництво важливе не тільки як галузь виробництва, але і для здоров'я екосистем, оскільки бджоли відіграють ключову роль в запиленні багатьох рослин, включаючи багато сільськогосподарських культур. Бджільництво стикається з різними викликами, такими як хвороби бджіл, забруднення довкілля та інші чинники *(Romanchuk et al, 2020).*

Прополіс представляє собою складний продукт природного походження, що має стійкий та приємний солодкувато-бальзамний аромат. Виробляється цей продукт бджолами зі смолистих речовин, які рослини виділяють як захисний механізм. Бджоли здійснюють збір цих речовин з бруньок, молодих пагонів і листя. У своєму гнізді бджоли піддають ці речовини обробці за допомогою секрету травних залоз, додаючи до утвореної маси віск. Прополіс виявляється необхідним для бджіл не лише як будівельний матеріал для заповнення щілин і просторів, але й як ефективний захисний захід, особливо в умовах великої концентрації та збільшеної ймовірності зараження. Це особливо проявляється в поновленні шару прополісу навіть влітку над гніздом, що служить яскравим прикладом. Кожна комірка бджолиного стільника також перед використанням обробляється тонким шаром прополісу. Навіть невелика кількість прополісу є достатньою для створення бактерицидної атмосфери у вулику. Прополіс виступає як ефективний захист від хвороб, захищаючи бджолину сім'ю від вірусів, грибків і бактерій.

Прополіс – природний продукт, який містить ряд активних складників, таких як флавоноїди, фенольні кислоти та ефірні масла, що надають йому унікальних властивостей. У XIX столітті прополіс отримав офіційне визнання як лікувальний засіб з боку наукової медицини, і його використання було рекомендовано для лікування опіків, ран та інших шкірних захворювань. Значний інтерес до прополісу виник у 60-х роках XX століття, коли розпочалися активні клінічні та експериментальні дослідження його природного стану та розробка різних медичних препаратів на його основі. Отже, важливо досліджувати показниками безпечності та якості прополісу, враховуючи характеристики цього продукту, які залежать від різних чинників.

Аналіз наукових джерел, сучасні клінічні і експериментальні дані щодо дослідження прополісу і його компонентів дозволили зробити висновок про наявність у прополісі ряду корисних лікувальних якостей. Прополіс походить від рослин і має ботанічне походження; різні рослини в різних фітогеографічних регіонах служать джерелом смоли, яку збирають медоносні бджоли для його виробництва *(Bankova et al.,2000).*

Знання складу прополісу, який залежить від його географічного походження, а також його біологічних властивостей у різних регіонах та широке застосування, є надзвичайно цінними для проблеми стандартизації прополісу *(Graikou et al.,2016).*

Доведено, що кількість та якість прополісу залежить від багатьох чинників, у тому числі кліматичних умов, періоду і місця збору та інших *(Teixeira et al., 2023).*

Аналіз наукових джерел свідчить про широкий спектр властивостей прополісу, що обумовлені його складом *(Al Naggar et al.,2016; Alday et al., 2016; Chimshirova et al., 2022; Oroian et al., 2020).*

Ряд дослідників вивчали та структурували наукову інформацію щодо використання прополісу в харчовій промисловості. *Irigoiti et al. (2021)* відзначають, що прополіс є перспективним природним продуктом, що може бути використаний у харчовій промисловості з метою запобігання негативним змінам у харчових продуктах при зберіганні.

Проведені дослідження засвідчили, що використання прополісу в тваринництві сприяє покращенню фізіологічного стану тварин, підвищує природну резистентність організму та сприяє збільшенню інтенсивності їх росту *(Килимнюк та інші, 2022).*

Було проведено аналіз основних міжнародних та національних нормативно-правових документів, що стосуються безпечності та якості прополісу *(Dvykaliuk et al, 2021, 2022, 2023)*. Ці наукові джерела надають широку інформацію щодо властивостей прополісу, його безпечності та якості, і можуть бути використані для розширення розуміння цього природного продукту та його застосувань у медицині, харчовій промисловості та інших галузях.

Способи і техніка добування прополісу вдосконалюється (*Dvykaliuk et al., 2021)*. Тому актуальним є питанням, що потребує дослідження впливу технології його одержання на біохімічні показники, які визначають безпечність та якість цього продукту.

Задля досягнення поставленої мети на початку медоносного сезону на пасіці були сформовані дві групи бджолиних сімей, кожна з яких складалася із 6 сімей. У контрольній групі прополіс одержувати за допомогою стамески, зшкрябуючи зі стельових дощечок, а в дослідній – використовували сітки.

Спеціально для бджолярів в Німеччині була розроблена сітка для збору прополісу StanzPress. Ця еластична сітка використовується як холстик для збору прополісу. Вона розміщується зверху на вуличних рамках, під дахом, так само, як плівку або холстик із тканини. Бджоли природньо заповнюють простір прополісом, регулюючи вентиляцію всередині вулика та створюючи свій мікроклімат. Розмір отворів підібрано таким чином, щоб бджоли не могли проникнути під дах. Після завершення сезону заповнені прополісом сітки легко виймаються та поміщаються в морозильну камеру протягом близько 1 години. Заморожений прополіс легко відокремлюється від сітки у вигляді невеликих гранул, готових до подальшого використання. Після цього сітку повертають на місце в вулик, що дозволяє використовувати її тривалий період. Сітка складається з етиленвінілацетату і має товщину 1,5 мм, розмір комірок становить 2 х 2 мм, а вага – 460 г/кв.метр. Весною ці сіточки розміщують у вулику, встановлюючи їх зверху гнізда, під полотна утеплювачів та подушки. Під час огляду гнізд бджіл ці полотна періодично обертають на 90° для підвищення ефективності збору продукції. Восени, під час збору бджолиних гнізд на зиму (не пізніше, ніж за 2 місяці до початку заморозків), сітки із запрополісованою поверхнею видаляють з вуликів.

Під час дослідження прополісу визначали органолептичні (зовнішній вигляд, колір, запах, смак, консистенція) та біохімічні (масова частка воску, механічні домішки, флавоноїдні сполуки, йодне число) показники. На кінець медоносного сезону визначали продуктивність збору прополісу бджолиними сім'ями. Вміст воску і механічних домішок визначали шляхом розчинення в етиловому спирті та фільтрування, об’єм окиснених речовин та йодне число – титрометрично. Показник окислюваності виражали в секундах, які потрібні для знебарвлення 0,04 мл 0,1 нормального розчину марганцевокислого калію водним розчином прополісу. Кількість флавоноїдів визначали хроматографічним методом, вміст ^{137}Cs – на гамма-спетрометрі.

У результаті проведених досліджень визначено, що технологія виробництва прополісу впливає на прополісозбиральну активність бджіл (рис. 4.6).

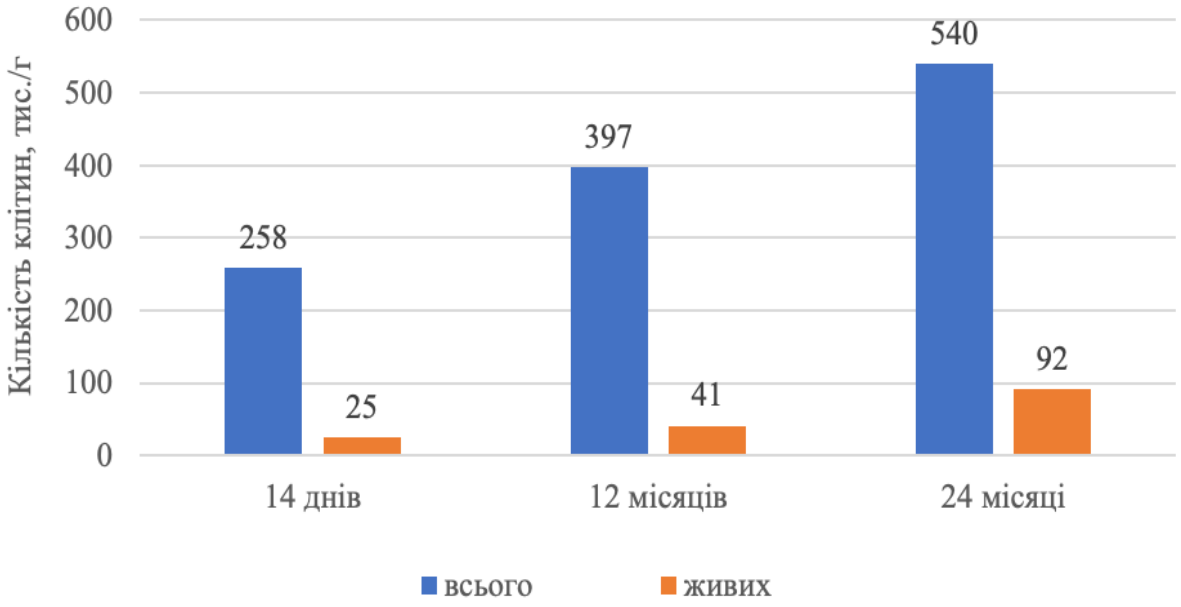


Рис. 4.6 Валовий збір прополісу від бджолиних сімей, г (n=6)

За використання спеціальних сіток в середньому від однієї бджільної сім'ї протягом сезону отримано 168,1 г прополісу. Звичайний спосіб, а саме збирання прополісу шляхом зшкрябування його стамескою зі стельових дощечок, привів до значно нижчого результату ($p \leq 0{,}001$), де середній збір прополісу становив 59,2 г. Отже, використання спеціальних сіток підвищує валовий збір прополісу на 108,9 г у середньому від однієї бджільної сім'ї.

Контроль якості прополісу базується на аналізі його біохімічного складу, зокрема, вмісту флавоноїдів, органічних кислот, ненасичених сполук, складних ефірів, воску і механічних домішок. Для оцінки якості і безпечності прополісу використовуються органолептичні методи дослідження, які охоплюють зовнішній вигляд, колір, аромат, структуру та консистенцію. Крім того, застосовуються біохімічні показники, такі як йодне число та вміст флавоноїдних сполук.

У прополісі, отриманому шляхом збирання його стамескою зі стельових дощечок, в середньому масова частка механічних домішок складала 12,6% (рис. 4.7).

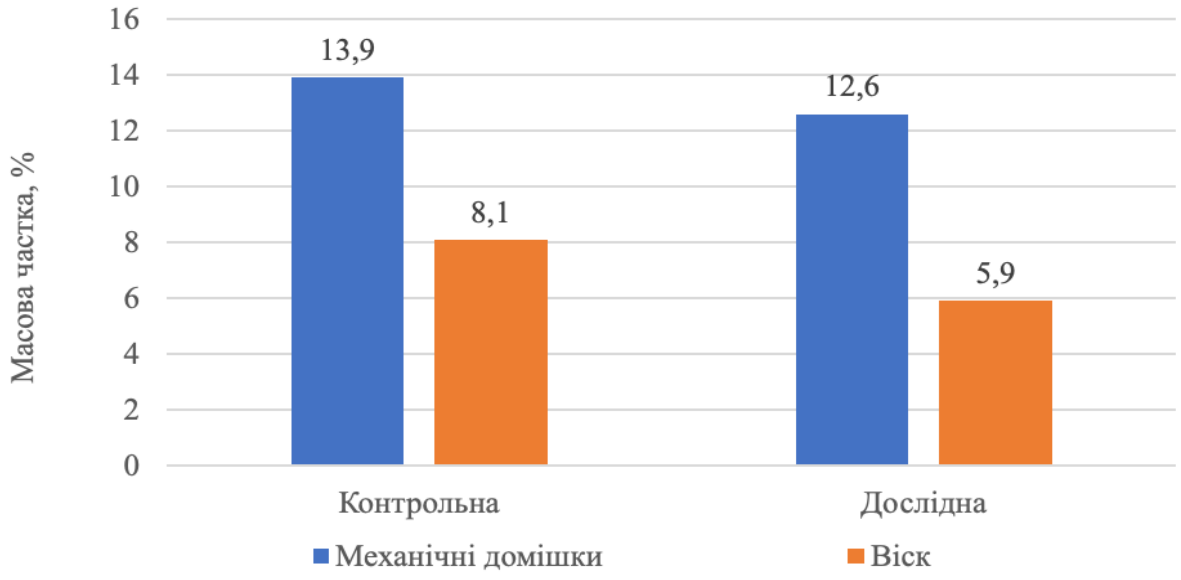


Рис. 4.7 Масова частка механічних домішок та воску у прополісі, % (n=6)

Додатково, 24% проб мали вміст механічних домішок, що перевищував допустимий стандартний показник, який становить 15%. Достовірно ($p \leq 0,001$) менше виявлялося механічних домішок у прополісі, отриманому з сітки. Таким чином, використання сіток при зборі прополісу призводить до дворазового зменшення вмісту механічних домішок у прополісі. Вміст воску у прополісі, зібраному за допомогою сіток, в середньому становив 8,1%. У порівнянні, у прополісі, зібраному традиційним методом, вміст воску був на 1,7 рази вищий (13,9%) ($p \leq 0,01$). Половина проб містила воску в обсягах, що перевищували 15%, що є гранично допустимим вмістом. Виявлено, що ключовими складовими прополісу є флавоноїди, які представляють собою похідні флавону і можуть бути розглядані як поліфеноли та їх меліові ефіри за хімічною структурою. Багато компонентів прополісу взяті із смолистих речовин бруньок берези та тополі. Особливість полягає в тому, що, оскільки у комаха відсутні біосинтетичні апарати для утворення флавоноїдів, головна частина бджолиного клею має рослинне походження. Але на відміну від рослин, де флавоноїди є глікозидами, в клеї вони знаходяться у вільній формі. Очевидно, під впливом бджолиних ензимів, відщеплення цукрових залишків від рослинних флавоноїдів призводить до їх переходу у вільний стан. Склад флавоноїдів у прополісі залежить від виду рослин, з яких його зібрали. Прополіс є одним з найбагатших джерел флавоноїдів, що підкреслює необхідність контролю за їх вмістом у цьому продукті.

Йодне число вказує на кількість ненасичених жирних кислот у прополісі. Аналіз вмісту флавоноїдних сполук та йодного числа показав, що за цими показниками прополіс, зібраний стамескою, містив менше флавоноїдів та характеризувався нижчим показником йодного числа (рис. 4.8). Різниця за вмістом флавоноїдних сполук складала 1,2 раза ($p \leq 0,01$), за йодним – 1,3 ($p \leq 0,01$).

Із показників безпечності нами був визначений вміст ^{137}Cs у прополісу (рис. 4.9). Результати радіологічного аналізу доводять, що технологія виробництва прополісу з використанням поліамідної сітки забезпечує зменшення вмісту даного радіонукліда у 1,7 рази ($p \leq 0,001$), порівняно з традиційною технологію – зшкрябування зі стельових дощечок.

Існує взаємозв’язок між складовими прополісу та його біохімічними показниками. Особливо важливий цей зв'язок між кількістю воску і механічними домішками, з одного боку, та іншими показниками, з іншого. Підвищення кількості воску і механічних домішок призводить до зменшення йодного числа і вмісту флавоноїдних сполук. Отже, якщо кількість воску і механічних домішок менша, а йодне число і вміст флавоноїдних сполук вищі, то якість прополісу вища.

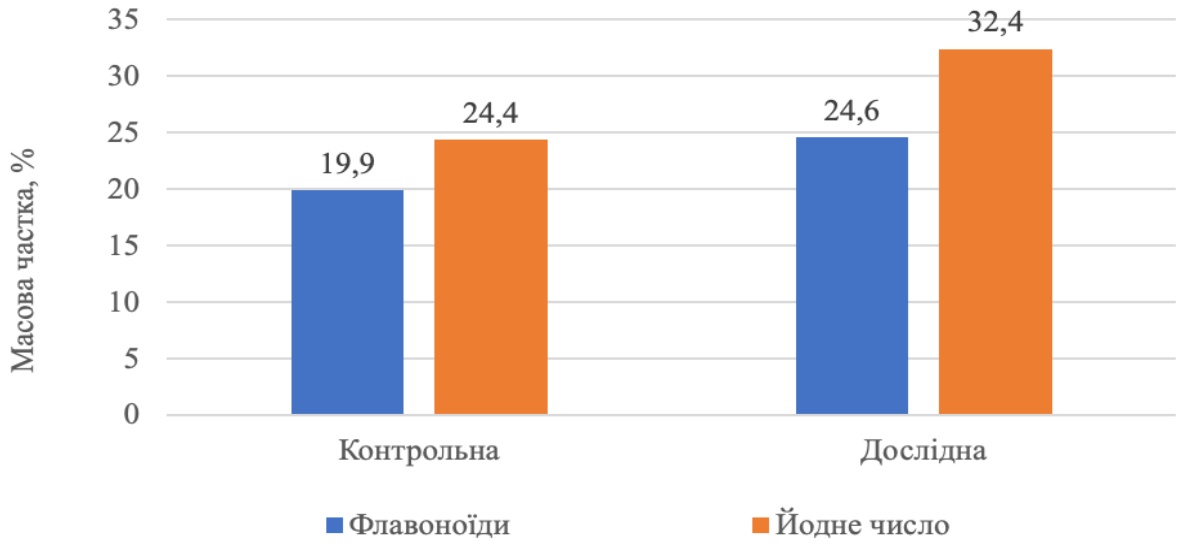


Рис. 4.8 Масова частка флавоноїдних сполук та йодне число прополісу, % (n=6)

Оцінкою прибутковості виробництва є рентабельність. Існує кілька способів підвищення її рівня. Одним із них є поліпшення якості продукції, з одного боку, і зниження собівартості, тобто виробництво з меншими затратами праці і матеріальних ресурсів, з іншого боку. Застосування сітки під час виробництва сприяє покращенню характеристик якості і безпечності прополісу і тим самим збільшує ефективність виробництва.

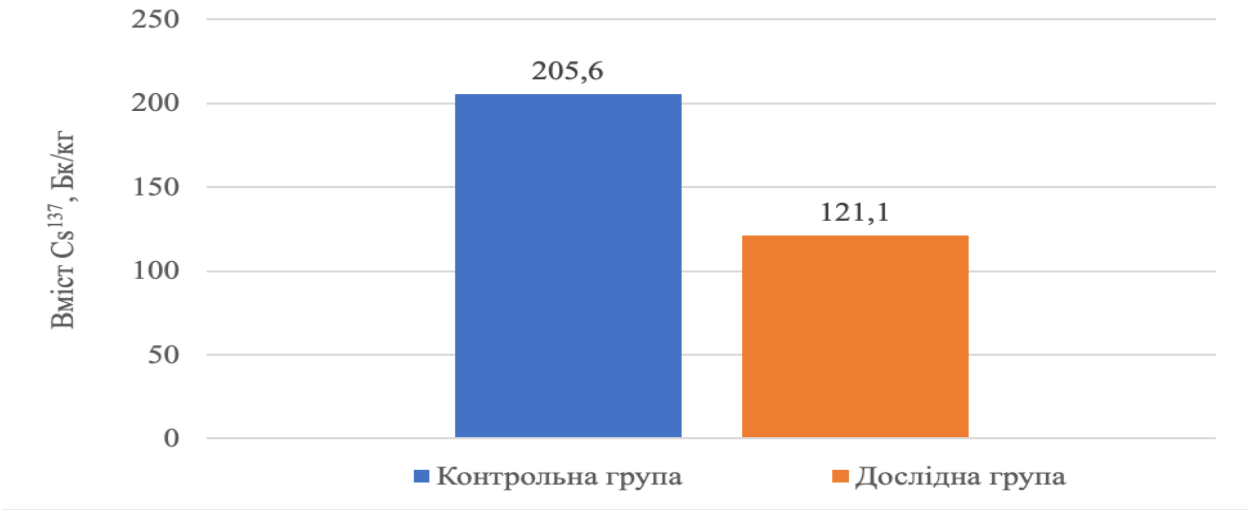


Рис. 4.9 Вміст ^{137}Cs, Бк/кг (n=6)

Встановлено, що використання сіток зменшує вміст ^{137}Cs, механічних домішок та воску у прополісі та забезпечує збільшення його збору. За використання сітки збільшується вміст флавоноїдних сполук та йодне число прополісу. З метою одержання безпечного та якісного прополісу доцільно використовувати сітки, що забезпечує високі показники прополісозбиральної активності бджолиних сімей.

Отже, якість та безпечність продукції бджільництва є ключовими критеріями, що визначають її харчову, лікувальну та експортну цінність. Зважаючи на те, що продукти бджільництва – мед, віск, прополіс, бджолине обніжжя, перга, маточне молочко - широко застосовуються в медицині, фармації, косметології, ветеринарії та кулінарії, контроль за їх безпечністю має першочергове значення для охорони здоров'я населення та забезпечення продовольчої безпеки.

У сучасних умовах глобалізації та інтеграції України до європейського ринку, відповідність продукції бджільництва міжнародним вимогам щодо якості, автентичності та безпечності стає вирішальним чинником для збереження конкурентоспроможності української апігалузі. Відповідно до європейських директив та національних нормативів, мед та інші апіпродукти повинні бути вільними від токсичних елементів, залишків пестицидів, антибіотиків, патогенних мікроорганізмів та радіонуклідів. Крім того, важливою вимогою є підтвердження ботанічного і географічного походження продукції, що гарантує її натуральність, автентичність та простежуваність.

Висока якість меду визначається такими показниками, як органолептичні характеристики, масова частка води, діастазна активність, вміст редукуючих цукрів, кислотність, наявність гідроксиметилфурфуролу та інших біохімічних маркерів. Збереження цих параметрів на нормативному рівні є не лише запорукою споживчої привабливості продукції, але й дозволяє забезпечити її стабільність у процесі зберігання та транспортування. Надзвичайно важливим є також проведення мікроскопічного (пилкового) аналізу, що дозволяє підтвердити ботанічне походження меду та запобігти фальсифікації.

Якісна та безпечна продукція бджільництва сприяє розвитку органічного виробництва, відповідає принципам сталого розвитку, екологізації агросектору, а також забезпечує високий рівень довіри з боку споживачів як в Україні, так і на міжнародних ринках. Вона є одним із

елементів здорового харчування та важливою складовою в системі функціонування екосистем через роль бджіл як запилювачів.

Таким чином, забезпечення якості та безпечності продукції бджільництва є не лише технологічним і регуляторним завданням, але й стратегічною передумовою сталого розвитку галузі, підвищення експортного потенціалу та зміцнення репутації України як надійного виробника натуральних харчових продуктів.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 4.4

Al Naggar Y., Sun J., Robertson A., Giesy J., Wiseman S. Chemical characterization and antioxidant properties of Canadian propolis. *Journal of Apicultural Research.* 2016. Vol. 55, No. 4. P. 305–314. DOI: 10.1080/00218839.2016.1233700.

Alday E., Navarro-Navarro M., Garibay-Escobar A., Robles-Zepeda R., Hernandez J., Velazquez C. Advances in Pharmacological Activities and Chemical Composition of Propolis Produced in Americas. Beekeeping and Bee Conservation – Advances in Research. 2016. DOI: 10.5772/63145 (date of access: 10.01.2024).

Bankova V. S., de Castro S. L., Marcucci M. C. Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie.* 2000. Vol. 31, No. 1. P. 3–15. DOI: 10.1051/apido:2000102.

Chimshirova R., Popova M., Chakir A., Valcheva V.; Dimitrov S., Trusheva B., Romane A., Bankova V. Antimicrobial Triterpenoids and Ingol Diterpenes from Propolis of Semi-Arid Region of Morocco. *Molecules.* 2022. Vol. 27 (7). P. 2206. DOI: 10.3390/molecules27072206.

Dvykaliuk R., Adamchuk L., Antoniv A., Sevin S. Review of national regulatory requirements for propolis quality for compliance with international standards. Animal Science and Food Technology. 2022. Vol. 13, No. 2. P. 16–25. DOI: 10.31548/animal.13(2).2022.16-25.

Dvykaliuk R., Adamchuk L. Development of a propolis collecting device. *Animal Science and Food Technology*. 2021. Vol. 12, No. 3. P. 76–88. DOI: 10.31548/animal2021.03.007.

Dvykaliuk R., Adamchuk L., Antoniv A., Bal-Prylypko L. Development of safety and quality of propolis as a food raw material. *Animal Science and Food Technology*. 2023. Vol. 14, No. 1. P. 26–48. DOI:10.31548/animal.1.2023.26.

Graikou K., Popova M., Gortzi O., Bankova V., Chinou I. Characterization and biological evaluation of selected Mediterranean propolis samples. Is it a new type? *LWT – Food Sci. Technol.* 2016. Vol. 65. P. 261–267. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.08.025.

Irigoiti Y., Yamul D. K., Navarro A. S. Co-crystallized sucrose with propolis extract as a food ingredient: Powder characterization and antioxidant stability. *LWT.* 2021. Vol. 143. P. 111164. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111164.

Oroian M., Ursachi F., Dranca F. Influence of ultrasonic amplitude, temperature, time and solvent concentration on bioactive compounds extraction from propolis. *Ultrason. Sonochem.* 2020. Vol. *64*. P. 105021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105021.

Romanchuk L. D., Lisohurska O. V., Furman S. V , Lisohurska D. V., Kryvyi M. M., Skydan O. V. Efficiency of natural spruce extract against varroatosis in organic beekeeping. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2020. Vol. 10 (6). P. 38–41. DOI: 10.15421/2020_254.

Teixeira T. D., Machado B. A. S., Barreto G. d. A., dos Anjos J. P., Leal I. L., Nascimento R. Q., Hodel K. V. S., Umsza-Guez M. A. Extraction of Antioxidant Compounds from Brazilian Green Propolis Using Ultrasound-Assisted Associated with Low- and High-Pressure Extraction Methods. *Molecules*. 2023. Vol. *28*. P. 2338. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules28052338.

ДСТУ 4662:2006. Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови. Чинний від 2007-07-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2007. 18 с.

Килимнюк О. І., Хіміч О. В., Лаптєєв О. О. Прополіс як природний компонент біологічно активних комплексів речовин для тварин і птиці. *Корми і кормовиробництво.* 2022. Вип. 93. С. 131-141. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202293-13.

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ МОНОФЛОРНИХ СОРТІВ МЕДУ

Людмила Лазарєва *кандидат сільськогосподарських наук,* *старший дослідник,* *ННЦ «Інститут бджільництва імені* *П. І. Прокоповича»* *03143, вул. Академіка Заболотного, 19,* *Київ, Україна*	**Lyudmila Lazarieva** *Candidate of Agricultural Sciences,* *Senior Researcher,* *NSC "P.I. Prokopovych Institute of Beekeeping"* *03143, 19 Academician Zabolotnogo St.,* *Kyiv, Ukraine*
✉ *medlab1961@gmail.com*	**ORCID** *https://orcid.org/0000-0001-7846-6191*
Лариса Акименко *кандидат біологічних наук, старший дослідник* *ННЦ «Інститут бджільництва* *імені П.І. Прокоповича» вул. Академіка Заболотного,* *19, Київ, 03143 Україна*	**Larysa Akymenko** *Candidate of Biological Sciences Senior Researcher* *NSC "P.I. Prokopovych Institute of Beekeeping"* *03143, 19 Academician Zabolotnogo St.,* *Kyiv, Ukraine*
✉ *akymenkol@ukr.net*	**ORCID** *https://orcid.org/0000-0002-3198-4335*
Володимир Постоєнко *доктор сільськогосподарських наук, професор член-кореспондент НААН,* *ННЦ «Інститут бджільництва імені* *П. І. Прокоповича»* *03143, вул. Академіка Заболотного, 19,* *Київ, Україна*	**Volodymyr Postoenko** *Doctor of Agricultural Sciences, Professor,* *Corresponding Member of the NAAS* *NSC "P.I. Prokopovych Institute of Beekeeping"* *03143, 19 Academician Zabolotnogo St.,* *Kyiv, Ukraine*
✉ *vpostoenko@ukr.net*	**ORCID:** *https://orcid.org/0000-0002-6515-7004*
Леонора Адамчук *доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник* *Інститут ветеринарної медицини НААН* *02000, вул. Донецька, 30, м. Київ, Україна* *ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб»* *07401, вул. Дмитра Янченка, 2, м. Бровари,* *Київська обл., Україна*	**Leonora Adamchuk** *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,* *Leading Researcher* *Institute of Veterinary Medicine, NAAS* *02000, Donetska St., 30, Kyiv, Ukraine* *IRI «Ukrainian Science Hub»* *07401, Dmytra Yanchenko St., 2, Brovary, Kyiv Region,* *Ukraine*
✉ *leonora.adamchuk@gmail.com*	**ORCID** *https://orcid.org/0000-0003-2015-7956*
Ян Бріндза *PhD з біотехнологічних наук, доцент,* *Сільськогосподарський університет в Нітрі,* *Словацька Республіка* *Проспект Андрея Глінку 2, 94976 Нітра, Словаччина*	**Jan Brindza** *PhD in Biotechnology Science, Associate Professor* *Slovak University of Agriculture in Nitra* *Trieda Andreja Hlinku 2, Chrenová, 949 76 Nitra,* *Slovak Republic*
✉ *jan.brindza@uniag.sk*	**ORCID** *https://orcid.org/0000-0001-8388-8233*

У розділі наведено властивості деяких монофлорних сортів меду та наведено дискусію за результатами досліджень вчених з різних країн. Відповідно до ботанічного походження, мед класифікують як монофлорний у випадках, коли нектар для його виробництва збирається бджолами переважно з одного виду медоносних рослин. Монофлорні сорти меду значно відрізняються за органолептичними характеристиками та фізико-хімічними показниками. Поліфлорний мед бджоли виробляють, коли джерелом нектару є різні медоноси (наприклад, лучне різнотрав'я). Окремим сортом є падевий, перероблений бджолами з паді (медяної роси), а не з нектару квітів. Наведено передумови збільшення обсягів виробництва якісного сортового меду в Україні. Подано детальні характеристики монофлорних сортів меду, а саме – акацієвого, гречаного, соняшникового та липового. Обґрунтовано перспективи виробництва монофлорного фацелієвого меду (Phacelia tanacetifolia Benth) в Україні.

This Chapter presents the properties of selected monofloral honey types and provides a discussion based on research findings from scientists across various countries. According to botanical origin, honey is classified as monofloral when the nectar used in its production is predominantly collected by bees from a single species of melliferous plant. Monofloral honey types significantly differ in organoleptic characteristics and physicochemical parameters. Polyfloral honey is produced when bees gather nectar from various melliferous sources (e.g., mixed meadow herbs). A distinct type is honeydew honey, derived from honeydew rather than floral nectar. The Chapter outlines the prerequisites for increasing the production volume of high-quality varietal honey in Ukraine. It also provides detailed descriptions of monofloral robinia, buckwheat, sunflower, and linden honeys, and substantiates the prospects for the production of monofloral phacelia honey (Phacelia tanacetifolia Benth) in Ukraine.

5.1. Передумови збільшення обсягів виробництва якісного сортового меду в Україні

Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко

Питання натуральності та якості меду і продуктів бджільництва становить предмет значного інтересу як для кінцевих споживачів, так і для регуляторних органів, відповідальних за моніторинг безпечності харчових продуктів. Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (англ. Food and Agriculture Organization, FAO) – міжнародна організація під патронатом ООН, ще у 1096 р. розробила документ *Value-added products from beekeeping (1996),* в якому перераховує основні види продукції, виготовлені на основі меду і продуктів бджільництва. Перелік цих продуктів вказує на їх широке використання в харчовій промисловості: медовуха, медове пиво, медові лікери, медові намазки, мед з фруктами та горіхами, мед з пилком та прополісом, заміна цукру, фруктовий мармелад, медове желе, сиропи, рожевий мед, карамельки, нуга та торроне, медові жувальні цукерки, імбирне печиво, марципан, мед у хлібобулочних виробах. Використання продуктів бджільництва, як сировини для косметичної галузі характерне для широкої лінійки продукції: лосьйони, мазі, креми, шампуні, мило, зубні пасти та ополіскувачі для рота, дезодоранти, маски для обличчя, помади, парфуми. Україна виробляє значні обсяги медової продукції, яка використовується як сировина та основний продукт.

Зважаючи на це, державою приділяється особлива увага до нормування показників якості продукції та їх відповідності міжнародним нормативним документам. В Україні оператори виробничих потужностей мають вживати заходів щодо запровадження систем аналізу ризиків та контролю (регулювання) у критичних точках (HACCP) або аналогічних систем забезпечення безпечності та якості харчових продуктів. У разі впровадження HACCP постійно підтримувати процедуру або процедури, що базуються на принципах HACCP (Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від18.03.2024 № 859; Закон України Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів, 771/97-ВР та інші).

Перелік основних документів щодо якості меду, прийнятих в ЄС свідчить про високий рівень вимог щодо відповідності показників якості: Регламент Європейського Парламенту та Ради ЄС № 852/2004 «Щодо гігієни харчових продуктів» від 29 квітня 2004; Регламент Європейського Парламенту та Ради ЄС № 853/2004 «Про встановлення спеціальних санітарних норм для харчових продуктів тваринного походження» від 29 квітня 2004; Регламент Європейського Парламенту та Ради ЄС № 854/2004 «Про встановлення спеціальних правил організації офіційного контролю щодо продуктів тваринного походження, призначених для споживання людиною» від 29 травня 2004; Регулювання Комісії ЄС №917/2004 від 29.04.2004 р. Регулювання Комісії ЄС №917/2004 від 29.04.2004 р.; Про детальні правила виконання Регулювання Ради ЄС № 797/2004, Про дії у сфері бджільництва; Регулювання Ради ЄС № 797/2004 від 26.04.2004 р.; Про міри поліпшення загальних умов для виробництва і маркетингу продуктів бджіл, та інші.

Міжнародний ринок меду постійно змінюється в залежності від багатьох факторів: кліматичних, соціальних, економічних. Так, станом на жовтень 2022 року автори *(Міжнародний ринок меду, 2022)* стверджували, що постачання автентичних натуральних

сортів меду не задовольняє попит у 2022/2023. На їхню думку, натурального меду не вистачає, і така ситуація збережеться в найближчі роки. В такій ситуації проблемним залишається питання: наскільки пасічники і урядові структури країн експортерів і імпортерів меду готові контролювати режими фальсифікації меду.

Українських виробників меду і продуктів бджільництва турбує та обставина, чому за кордоном український мед продають, яка сировину з європейським маркуванням *(Чому за кордоном український мед продають з європейським маркуванням, 2025).* Відповідь криється в тому, що є необхідність покращувати умови виробництва та виходити на міжнародний ринок з готовим забрендованим продуктом, який відповідає усім вимогам харчового законодавства. Окрім того, це може бути не лише натуральний мед, а оригінальні сорти чи продукт з географічним зазначенням.

В Україні традиційно найбільше виробляють соняшникового, гречаного, ріпакового, акацієвого, липового сортів й меду з різнотрав'я, зібраного з квіток багатьох видів рослин. Україна є активним постачальником натурального меду на ринки Європейського Союзу. У 2021 році обсяги експорту склали 57,6 тис. тонн, з яких 50,7 тис. тонн (приблизно 88%) було реалізовано в країни ЄС. У 2023 році експорт меду становив 55,4 тис. тонн, з них 51,7 тис. тонн – на європейські ринки. Основними імпортерами українського меду є Німеччина, Польща, Франція, Іспанія, Італія, Греція, Румунія, Бельгія та США. У 2023 році Україна посіла четверте місце серед найбільших світових експортерів натурального меду, поступившись лише Китаю, Індії та Аргентині *(Козаченко, 2024).*

За підсумками минулого року Україна втрималась в світовій трійці експортерів меду, поступившись Китаю (156 тис. тон) і Аргентині. Іншими найбільшими глобальними виробниками стали Бразилія, Бельгія, Німеччина, В'єтнам, Іспанія, Мексика і Туреччина. Україна досягла рекордного обсягу експорту меду у 2024 році – 85,800 тонн, що на 55% більше, ніж у 2023 році. Це принесло $167 млн виручки, що на 38% більше, ніж попереднього року. Основним ринком залишився Європейський Союз, куди було поставлено 71,000 тонн меду – 83% від загального експорту Водночас світовий ринок меду за останні роки повільно зростає, хоча в 2022 році загальна вартість експортованого меду залишилася на рівні 2021 року – трохи більше $2,6 млрд. На думку виробників меду, попит на український мед залишається високим, що забезпечує перспективи стабільного виробництва та експорту. Проте виробники оцінюють перспективи виробництва як стримано позитивні, оскільки обсяг внутрішнього споживання є низьким, а експорт залишається основним каналом збуту продукції, обмеження якого не спонукає до нарощування обсягів виробництва.

Куць та Макарчук (2023) з'ясували що, попри статус одного з найбільших світових виробників меду, Україна стикається з проблемою скуповування меду як сировини за заниженими цінами. Попит на український мед обмежується конкуренцією з китайським медом, який продається за нижчою ціною, ніж український і у великих обсягах. Ринок меду в Україні має ряд структурних особливостей, що ускладнюють його комплексну оцінку. Основна частка меду виробляється у приватних домогосподарствах, що спричиняє високий рівень неформалізованості та ускладнює визначення фактичної місткості ринку. За оцінками, лише близько 20% меду походить з професійних пасік, здатних формувати великі товарні партії (до 20 тонн), тоді як решта продукції надходить від дрібних локальних виробників із обсягами виробництва, що не перевищують 1 тонни меду.

За даними Державної служби статистики України, до початку повномасштабної війни в Україні близько 1,5% населення займалось бджільництвом. Відомо, за рік Китай (*Китайське бджільництво, 2024*) продає в різних частинах світу близько 220–260 тисяч тонн меду різного походження, 3–3,5 тисячі тонн бджолиного обніжжя, понад 1,5 тисячі тонн маточного молочка, 2,5 тисячі тонн воску, більше 300 тонн прополісу. А також бджолину отруту, різні препарати з бджолиного підмору та воскової молі, різні пристосування для бджолярів, що допомагають полегшити їхню працю на пасіці. Поширена думка, що близько чверті китайського меду є стовідсотковим фальсифікатом (субстанцією, яка зовсім не містить меду), ще чверть – частково сфальшованим продуктом (до натурального меду додані наповнювачі

для збільшення його кількості). Саме тому йдеться про значні обсяги та низьку ціну. Однак, юридично сформованих доказів цьому не має.

Стратегічні орієнтири поглиблення торговельно-економічних відносин України з країнами європейського союзу в умовах набуття Україною офіційного статусу кандидата на вступ до ЄС визначають основні завдання і напрямки діяльності подальшого налагодження цієї роботи *(Свириденко та інші, 2025)*. У цьому контексті експорт натурального меду виступає одним із перспективних напрямів реалізації торговельного потенціалу аграрного сектору України, зокрема продукції з високим ступенем автентичності та екологічної відповідності. Враховуючи стабільний попит на український монофлорний мед з боку країн Європейського Союзу, особливо Німеччини, Польщі, Франції та Бельгії, стратегічна інтеграція України до європейського економічного простору відкриває додаткові можливості для адаптації виробничих стандартів, гармонізації сертифікаційних процедур і розширення каналів реалізації продукції. У відповідь на стратегічні орієнтири (Свириденко та інші, 2025), окремим напрямом є підтримка малих і середніх виробників меду, розвиток кластерних структур у медовій галузі та створення умов для просування українських брендів меду на міжнародних ринках.

За даними *Мірзоєвої та Ільківа (2023)*, унаслідок збройного конфлікту на території України було втрачено близько 30% медоносних угідь та бджолиних роїв, що спричинило приблизно 30% скорочення національного ринку бджільництва. Найбільш критичним наслідком є потенційне зменшення врожайності плодоовочевих культур, які залежать від ентомофільного запилення, – за деякими оцінками, йдеться про втрату від 20 до 40% урожаю. Водночас збереження значної частини пасік у центральних і західних регіонах України дозволяє сподіватися на поступове відновлення галузі, попри зниження обсягів виробництва меду, що створює ризики підвищення цін і появи фальсифікованої продукції на ринку.

Незважаючи на наявні виклики, галузь бджільництва зберігає високий потенціал економічної стійкості завдяки низці факторів: (1) відносно низький поріг стартових інвестицій, що робить її доступною для малих господарств; (2) невелика потреба у трудових ресурсах – одна особа здатна обслуговувати до 20 вуликів із залученням сезонних працівників у періоди збору продукції; (3) відсутність монополізації ринку – продукція початківців має такий самий комерційний потенціал, як і вироблене досвідченими пасічниками; (4) сезонний характер діяльності – зниження метаболізму бджіл узимку дає змогу мінімізувати операційні витрати; (5) стабільний попит – мед залишається затребуваним протягом усього року; (6) висока рентабельність – за умови технологічної оптимізації та розвитку продукції з доданою вартістю прибутковість може сягати понад 200%.

У післявоєнний період ключові перспективи розвитку бджільництва полягають у переорієнтації на стабільний внутрішній ринок, а також впровадженні сучасних технологій переробки меду, що здатні стимулювати зайнятість населення та підтримати розвиток дрібних і малих господарств у сільських регіонах. Високий рівень приватизації у галузі – понад 90% пасік в Україні належать індивідуальним власникам і розміщені на території всієї країни – забезпечує широку географічну представленість та локальну адаптацію виробництва.

Один із потенційних механізмів оптимізації комерційної ефективності галузі – об’єднання пасічників у кооперативи, що дозволить консолідувати збутову політику та підвищити конкурентоспроможність на ринку. У свою чергу, малі пасіки (3–10 вуликів) здебільшого мають обмежену виробничу потужність і забезпечують медом лише внутрішні потреби домогосподарства, а отже, на цьому рівні діяльність має радше рекреаційний характер. Виходячи з цього, розвиток галузі потребує підтримки інституційних моделей кооперації, технічного переоснащення та розробки механізмів доданої вартості продукції.

Аналіз практичних даних підтверджує, що бджільництво демонструє високу рентабельність за умови утримання понад 100 бджолосімей. Для підвищення економічної ефективності та стабільності галузі доцільно розширити спектр діяльності за рахунок запровадження додаткових сервісів: маркетингових досліджень ринку, збуту продукції оптовими партіями, логістичного супроводу, матеріально-технічного постачання,

ветеринарного контролю та заходів щодо профілактики захворювань, інформаційно-консультаційного обслуговування щодо пошуку ефективних каналів реалізації, а також впровадження системної племінної роботи з метою формування стійких і продуктивних бджолосімей. Створення кооперативів є одним із ключових механізмів оптимізації ринку, оскільки дозволяє консолідувати попит і пропозицію, забезпечити ефективну реалізацію продукції за конкурентними цінами та сприяти стабілізації ринкових механізмів. Згідно з висновками *Разанової та ін. (2023),* стратегія інтенсифікації виробництва на основі прогресивних технологій є пріоритетним напрямом розвитку, що забезпечує як кількісне зростання, так і підвищення якісних показників продукції.

У контексті погіршення рівня забезпечення кормовими ресурсами, що негативно впливає на продуктивність сімей, актуальним залишається визначення детермінант економічної ефективності галузі. Із метою гармонізації з вимогами Європейського Союзу, в Україні з 01.01.2023 року запроваджено обов'язкові «Вимоги до меду», що спрямовані на зменшення випадків фальсифікації продукції та підвищення її якісної відповідності міжнародним стандартам.

Важливо створити умови зацікавленості виробників у постачанні на ринки якісного меду *(Мельник та ін., 2022).* При прямій фальсифікації в мед додають дешевші підсолоджувачі. Їх джерелом можуть бути цукрові буряки, мальтозний сироп або промислові цукрові сиропи (глюкоза і фруктоза), отримані в результаті термічної, ферментної або кислотної обробки крохмалю. Непряма фальсифікація меду відбувається через надходження цукрів у мед під час годування бджіл. Зокрема, додавання промислових цукрів і хімічних речовин до організму бджоли призводить до їхнього потрапляння в мед у процесі його природного формування в травній системі комахи. Фальсифікація меду є актуальною проблемою, що ускладнює контроль якості продукції, оскільки постійно вдосконалюються методи її прихованого здійснення. З метою виявлення фальсифікованих зразків та ідентифікації домішок, застосовуються швидкі, високочутливі та ефективні аналітичні методики. Поряд з цим, відомі методи ефективного виявлення широкого спектра підсолоджувачів у меді, серед яких аналітичні: ядерно-магнітно резонансна спектроскопія, інфрачервона та раман-спектроскопія, хроматографія, диференційна скануюча калориметрія, ізотопний аналіз.

Згідно з матеріалами Доповіді на сесії *Загальних зборів НААН України (2024)*, визначено актуальні напрями адаптації продовольчих ланцюгів до сучасних викликів, що передбачають посилення взаємодії між усіма учасниками процесу створення доданої вартості – виробниками, переробниками, ритейлерами тощо. Водночас наголошується на необхідності впровадження інноваційних бізнес-моделей, з орієнтацією на екологічність, ергономічність та принципи здорового харчування. У якості стратегічних рішень у сфері агропромислового розвитку окреслено реалізацію заходів з інтеграції аграрного сектору України до європейського ринку через уніфікацію стандартів у сфері збереження біорізноманіття, подолання наслідків зміни клімату та впровадження положень Європейського зеленого курсу і Стратегії «Від лану до столу». В контексті формування напряму розвитку національного агропродовольчого комплексу наголошується на вирішальній ролі вітчизняної аграрної науки, яка має забезпечити наукове обґрунтування раціонального використання ресурсного потенціалу відповідно до положень «Стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року».

Отже, у контексті національної безпеки та економічного зростання, якісні показники меду мають стати стратегічним об'єктом контролю, гармонізації та просування. Впровадження обов'язкових вимог до меду, актуалізація нутриціологічних даних і створення доданої вартості продукції – ключові умови для формування стабільного внутрішнього ринку, підвищення експортного потенціалу та реалізації Зеленого курсу.

5.2. Особливості монофлорного меду з *Robinia pseudoacacia*

Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко

Акацієвий мед має виражені харчовими та лікувально-профілактичні властивості, що обумовлюють його перспективність у контексті розширення ринкової присутності як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку. Завдяки унікальному органолептичному профілю, фізико-хімічним характеристикам та високій концентрації біологічно активних речовин, цей сорт меду широко застосовується у харчовій промисловості та апітерапії. До складі акацієвого меду містяться вітаміни групи В (В1, В2, В5, В6, В9, В12), а також А, С, РР; органічні кислоти, флавоноїди, фітогормони та мікроелементи (Ca, K, Na, P, Cl, F, Cu, Fe), які забезпечують його терапевтичний потенціал.

Фармакологічні властивості акацієвого меду охоплюють здатність до нормалізації артеріального тиску, покращення гемопоезу, стимуляції кровообігу та зміцнення імунної системи. Завдяки антиоксидантній та антибактеріальній активності, мед акації застосовується при загоєнні ран, відновленні клітин, а також як допоміжний засіб у підтримці стану пацієнтів із кардіологічними порушеннями. Існують дослідження, що вказують на його потенціал у нейропротекторній терапії, зокрема при хворобі Альцгеймера (*Користь акацієвого меду, 2025*). В контексті функціонального харчування, акацієвий мед позиціонується як натуральний підсолоджувач із низьким глікемічним індексом, що робить його доцільним для застосування при гіпокалорійних дієтах та в раціонах осіб з порушеннями вуглеводного обміну.

Важливим параметром для споживача є органолептичні показники, які пов'язані з кольором та станом кристалізації, смаковими якостями. В останні десятиліття споживач надає переваги рідкому медові, в той час, як майже всі сорти меду через певний час кристалізуються. Акацієвий мед належить до категорії рідких сортів меду, що зумовлено його уповільненою кристалізацією. За кімнатної температури він може зберігати рідкий стан упродовж одного до трьох років. У свіжому стані характеризується високою прозорістю, тоді як у процесі кристалізації набуває білого або світло-кремового відтінку. Така стабільність фізичного стану пояснюється специфічним співвідношенням глюкози та фруктози, а також низьким вмістом ферментів, пилку та інших рослинних домішок, що в комплексі уповільнює утворення кристалів.

Акацієвий мед є одним із найпопулярніших сортів серед споживачів. В Україні поширено 2 види рослин, мед з яких називають акацієвим, це робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.*)* і карагана дерев'яниста *(Caragana arborescens* L.), в побуті – біла і жовта акація. Колір і аромат акацієвого меду залежить від виду рослини. Мед з жовтої акації має світло-жовтий колір з легким зеленуватим відтінком, а при кристалізації стає біло-жовтого кольору. Мед з білої акації – найпрозоріший, з ледь відчутним квітковим ароматом.

Щорічно нашим колективом проводяться дослідження з оцінювання якості акацієвого меду, що виробляється в різних регіонах України. Було напрацьовано значний експериментальний матеріал, що дає можливість виявити базові показники якості для монофлорного акацієвого меду. Дослідження основних показників якості меду необхідні для визначення його натуральності та відповідності вимогам нормативних документів.

Стандартизовані методи дослідження якості меду включали відбір проб меду, аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників згідно з ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови» *(ДСТУ 4497:2005, 2007).* Визначали органолептичні показники (консистенцію, смак, аромат, кристалізацію), масову частку води, діастазну активність, вміст проліну, електропровідність. Визначення видового складу пилкових зерен здійснювали мікроскопічним методом з використанням мікроскопа PZO Warszawa (Польща) та підтверджували мелісопалінологічним аналізом. Ідентифікація пилкових зерен медоносів проводилася за допомогою атласу та електронних баз даних пилку PalDat.

45 зразків акацієвого меду були отримані від бджолярів під час збору врожаю 2022 року з різних регіонів України, які надходили до лабораторії для дослідження якості, натуральності

та ботанічного походження меду. Під час дослідження зразки зберігали за кімнатної температурі.

Колір меду є основним параметром для його класифікації на основі схваленого USDA стандарти кольору. Колір натурального меду різний з широким діапазоном від світло-жовтого до бурштинового з різними відтінками в залежності від ботанічного походження, вмісту мінералів, клімату, а також умови зберігання. За результатами органолептичних досліджень, акацієвий мед мав колір від безбарвного до світло-жовтого; кристалізація для монофлорного меду з акації відсутня; консистенція рідка, з ніжним, приємним ароматом з квітів акації. Встановлено, що із наданих 45 зразків акацієвого меду усі зразки відповідають його типовим характеристикам.

Щодо консистенції акацієвого меду, протягом 5 перших місяців дослідження, консистенція 20 зразків меду залишалася рідкою (10 зразків через 5 місяців мали ознаки кристалізації, 15 зразків мали кристалізацію через 2,5 місяці).

Масова частка води є критерієм, що визначає ступінь зрілості меду, його свіжість і відсутність бродіння та в значній мірі залежить від декількох факторів, наприклад, кліматичних умов, сезону збору врожаю, стану довкілля. Цей показник у досліджуваних зразках меду коливався від 15,8 до 20,0 % із середнім значенням 17,7 ± 1,2. За результатами досліджень, всі зразки відповідали вимогам Директиви Ради 2001/110/ЕС – не більше 20%, та стандартам ДСТУ України – не більше 21%.

За літературними даними, масова частка води нижче 18% перешкоджає бродінню, але не виключає його за наявності таких факторів, як присутність дріжджів, температура зберігання меду. Вміст води в меді залежить від ступеня зрілості, умов зберігання, часу збору нектару, кліматичних умов, співвідношення цукрів, а також виду тари, в якій мед зберігається. Мед з підвищеним вмістом води не зберігається і псується.

Діастази (α- і b-амілази) є природними ферментами меду. Вміст діастази залежить від часу цвітіння, вмісту основного пилку та географічного походження меду, на що впливають ґрунт, медоноси, стан погоди під час збору нектару, переробка його бджолами, інтенсивність медозбору, ступінь зрілості меду, терміни його зберігання, а також способи товарної переробки. Показник активності діастази в основному використовують для оцінки свіжості меду та/або встановлення його нагрівання. Директивами Ради 2001/110/ЕС встановлено рівень діастаза для меду не менше ніж 8 одиниць Шаде. Згідно з ДСТУ 4497:2005 для акацієвого меду значення діастазного числа – не менше ніж 5 од. Готе. При дослідженні 45 зразків меду діастазна активність коливалися від 6,07 до 22,4 одиниці Готе, з середнім значенням 12,7 ± 4,0 од. Готе.

Оскільки значний напрацьований експериментальний матеріал за попередні роки та дані інших дослідників вказують на те, що для акацієвого меду характерне низьке значення показника активності діастази, ми провели мелісопалінологічний аналіз для виявлення пилку, що домінує, та підтверджує ботанічну належність меду, дозволяє віднести його монофлорного меду. Вміст пилкових зерен з акації у зразках за номерами 6, 8, 9, 11,17, 20, 21, 22 коливався від 20 до 23%, крім того, було визначено пилок рослин родини хрестоцвітих *(Brassicaceae)* в межах 3,0–8,0%. Такий мед вважається монофлорним і при подальшому зберіганні понад 5 місяців залишався рідким. Вміст пилкових зерен *Brassicaceae* понад 19% сприяє швидкому процесу кристалізації.

Визначили, що серед проаналізованих 45 зразків меду найменшу ферментативну активність має мед з найвищою монофлорністю (23 зразка). В цих зразках показник активності діастази коливався від 6,07 од. Готе до 10,92 од. Готе, що дає підставу віднести цей показник до ознак монофлорності. З результатів, що представлені на рис. 5.1 видно, що за показником активності діастази досліджені зразки меду мають широкий діапазон коливань.

Активність діастази в досліджених 8 зразках меду серії 2 складав від 10,83 до 14,95 од. Готе, а вміст пилкових зерен з акації в таких зразках коливався від 10 до 20%. В 12 зразках меду з вмістом пилкових зерен з акації менше ніж 10% діастазна активність коливалася від 15,06 до 22,4 од. Готе.

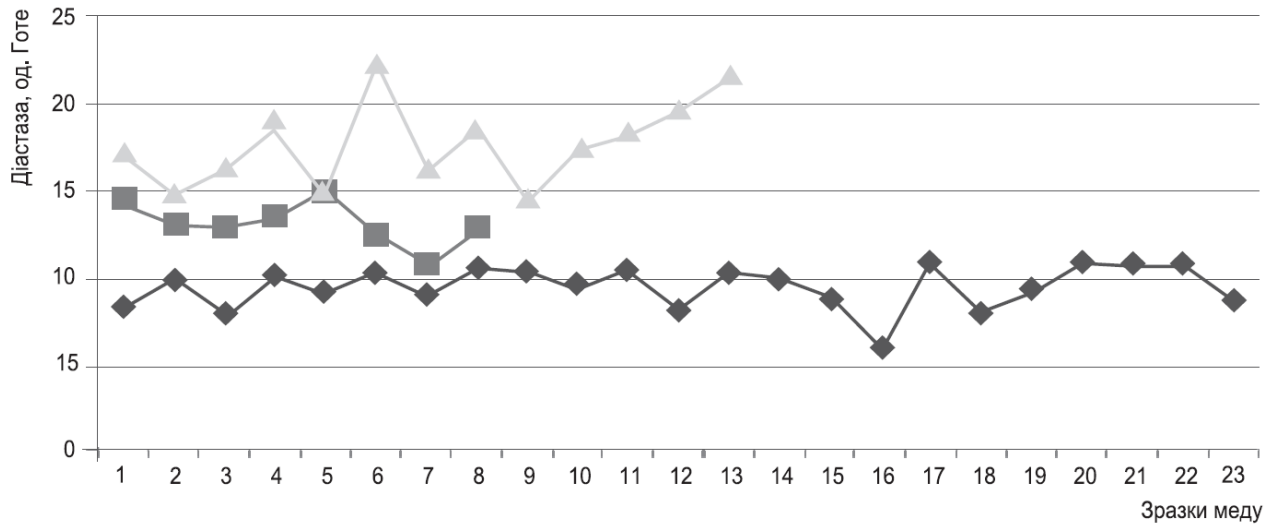


Рисунок 5.1. Активність діастази меду залежно від частки пилку акації, од. Готе

Примітка: *– 10 – 20%; – більше 20%; – менше 10%.*

Аналіз отриманих даних засвідчив, що найвищий рівень діастазної активності (середнє значення 17,9 ± 2,5 од. Готе) був зафіксований у зразках меду з найменшим вмістом пилкових зерен акації, що свідчить про поліфлорне походження (різнотрав'я) відповідного продукту. Натомість найнижчий показник ферментативної активності (середнє значення 9,6 ± 1,2 од. Готе) був характерний для зразків із найбільшим вмістом пилку акації, що відповідає властивостям монофлорного акацієвого меду.

У 23 зразках меду вміст пилкових зерен визначено в межах від 20 до 39% пилку акації, а діастазна активність такого меду коливалася від 6,07 до 10,92 од. Готе. Аналізуючи отримані дані, представлені на рисунку 5.1 можна побачити, що один зі зразків меду (7 зразок), де вміст пилкових зерен акації 10–20% та зразків за номерами 6, 8, 9, 11,17, 20, 21, 22, вміст пилкових зерен від 20 до 39%, мають майже однакові значення діастазної активності. Під час дослідження вмісту пилкових зерен було виявлено, що зразок 7 мав 16% домінуючого пилку з *Robinia pseudaacacia* та пилок рослин родини хрестоцвітих *(Brassicaceae)* – 19,0%. У цьому зразку меду через 2,5 місяця вже почали утворюватись дрібні кристали.

Для акацієвого меду згідно з українським законодавством цей відсоток повинен становити не менше ніж 20%, а за вимогам Директиви Ради 2001/110/ЕС основний пилок повинен становити не менше ніж 10% від загальної кількості пилкових зерен. У 31 з досліджених зразків, частка пилкових зерен акації була більше ніж 10%, а саме, варіювала у діапазоні від 10,0% до 39,0%, у середньому становила 35,5%. У 12 зразках акацієвого меду встановлено, що вміст пилкових зерен акації коливався в межах лише 3–9%. Тому, на основі пилкового аналізу було визначено, що 38,7% досліджених зразків, які були марковані як акацієвий мед, фактично мають поліфлорне походження (тобто містять пилок різнотрав'я), що не відповідає критеріям монофлорності.

Під час пилкового аналізу двох зразків меду не було виявлено пилкових зерен *Robinia pseudoacacia*, що унеможливлює їх класифікацію як акацієвого. Мікроскопічне дослідження одного із цих зразків не виявило жодного пилкового зерна, що свідчить про ймовірне порушення технології виробництва або фальсифікацію продукту. Подальший аналіз цього зразка показав відсутність діастазної активності, а вміст гідроксиметилфурфуролу (ГМФ) становив 128,64 мг/кг, що значно перевищує допустимі межі, встановлені як національним стандартом ДСТУ, так і нормативами Європейського Союзу. Для подальших досліджень, цей зразок було вилучено.

Аналіз складу пилкових зерен є важливим та необхідним методом для встановлення ботанічного походження меду та виявлення фальсифікату. Результати дослідження пилкового профілю акацієвого меду наведено нижче. Наші дослідження показали, що у 23 зразках вміст основного пилку з *Robinia pseudaacacia* – знаходився у межах від 20 до 39%, також були

присутні пилкові зерна верби (*Salix* spp.*)* – 4,6–9,3%; аморфи кущової *(Amorpha fruticosa)* – 6,6–18,9 %; гледичії *(Gleditsia)* – 5,3–12,9%; конюшини *(Trifolium)* – 4,5–6,7; яснотки білої *(Lamium album)* – 3,1–5,2%; медунки *(Pulmonaria officinalis)* – 3,2–4,1 %; лоху *(Elaeagnus)* – 3,0–3,9%; малини *(Rubus idaeus)* – 3,6 – 5,9%; суниці *(Fragaria vesca)* – 3,3– 6,7%; бузини *(Sambucus nigra)* – 4,6–7,2%; калини *(Viburnum opulus)* – 5,6–6,9%; пилок плодових дерев – 6,6–12,4%; пилки рослин родини хрестоцвітих *(Brassicaceae)* – 3,2 – 17,8%.

Під час проведення дослідження 8 зразків акацієвого меду, у яких було виявлено основний пилок в межах від 10 до 16%, ідентифіковано наступні види: карагана (*Caragana arborescens* Lam.) – 5,3–12,9%, аморфа кущова (*Amorpha fruticosa* L.) – 12,3–25,9%, плодові дерева – 7,6–10,5%, калини *(Viburnum opulus* L.) – 3,3–5,4%, гледичії (*Gleditsia)* – 9,2–13,7%, медунки *(Pulmonaria officinalis)* – 4,2–7,4%, чорнокореня *(Cynoglossum officinale)* – 3,9–6,5%, вероніки *(Veronica officinalis)* – 6,3–8,6%, первоцвіту *(Primula veris L.; Primula officinalis Hill.)* – 3,5–6,4%, родини складноцвітих (Asteraceae) – 6,3–11,2%, гороху посівного *(Pisum sativum)* – 6,3–7,9%, шипшини *(Rosa canina* L.*)* – 4,6–9,3%, пастернаку лісового *(Pastinaca sylvestris)* – 3,7–8,4%, конюшини *(Trifolium)* – 8,5–13,7%, лядвенця *(Lotus corniculatus)* – 5,5–10,7%, родини хрестоцвітих *(Brassicaceae)* – 9,2–19,0%.

В 12 зразках меду, де вміст основного пилку з *Robinia pseudaacacia* знаходився у межах від 3 до 9% та були ідентифіковані супутні пилкові зерна: глухої кропиви білої *(Lamium album* L.*)* – 6,8–11,7%, конюшини повзучої *(Trifolium repens* L.*)* – 9,4–19,9%, буркуна білого *(Melilotus albus)* – 3,8–6,8%, аморфи кущової *(Amorpha fruticosa* L.*)* – 5,6–19,9%, гледичії *(Gleditsia)* – 4,3–10,9%, лядвенцю *(Lotus corniculatus)*, соняшнику *(Helianthus annuus)* – 15%, вики *(Vicia* spp.*)* – 3,2–6,6%, липи *(Tilia cordata* Mill.*)* – 3,1–5,3%, материнки *(Origanum vulgare)* – 4,2–9,4%, суниці *(Fragaria vesca* L.*)* – 3,8–7,4%, злаків (Poeceae) – 3,2–4,5%, вероніки (*Veronica*) – 4,3–7,3%, родини ранникові *(Scrophulariaceae),* губоцвіті *(Lamiales) – 3,0–4,1%,* родини хрестоцвітих *(Brassicaceae)* – 9,4–25%.

Під час дослідженні зразка меду, який був наданий як акацієвий, але не містив пилкових зерен акації, було виявлено пилок конюшини повзучої *(Trifolium repens* L.*)* – 25,9%, гірчиці польової *(Sinapis arvensis* L.*)* – 8,3 %, липи *(Tilia cordata* Mill.*)* – 5,8%, чини лугової *(Lathyrus sylvestris* L.*)* – 4,3 %, еспарцету *(Onobrychis arenaria)* – 6,7%, соняшнику *(Helianthus annuus)* – 7,5%, родини хрестоцвітих *(Brassicaceae)* – 16,3%, гірчаку *(Polygonum aviculare* L.*)* – 3,6%, родини складноцвітих *(Asteraceae)* – 6,4%.

Наступним етапом дослідження зразків за фізико-хімічними показниками, є електропровідність меду, яка може бути хорошим показником для рутинного визначення ботанічного походження меду, його натуральність меду, а також використовується для контролю якості меду, щоб відрізнити квітковий мед від меду падевого. Електропровідність меду змінюється залежно від квіткового походження і пов'язана з концентрацією мінералів, солей, органічних кислот і білка. Присутність медяної роси, яка є багатим джерелом мінеральних сполук підвищує значення електропровідності меду.

Електропровідність 44 досліджуваних нами зразків меду коливалися від 0,116 до 0,382 мС/·см з середнім значенням 0,2 ±0,05 мС/·см. Максимальні значення електропровідності були виявлені у медах з низьким вмістом пилкових зерен акації. Натомість у пилковому профілі цих медів визначали пилкові зерна з соняшнику, липи, буркуну. Зразки цих медів ідентифікували як поліфлорні з електропровідністю від 0,256 до 0,382 Мс/см з середнім значенням 0,218 ± 0,06 мС/см ЕС. А мінімальний показник електропровідності меду з вмістом пилку акації від 20 до 39% в середньому складав 0,14 ± 0,01 мС/см.

Одним із ключових показників автентичності меду є вміст проліну — амінокислоти, яка відіграє важливу роль у біохімічному складі меду та є однією з основних амінокислот, що трапляються як у природі, так і в організмі людини. За даними різних дослідників, частка проліну в меді становить від 39–46% до 45–85% загального амінокислотного профілю, що зумовлює його використання як маркер натуральності. У зв'язку з цим, вміст проліну в меді регламентується нормативними документами більшості європейських країн.

В зрілому натуральному меду пролін повинен становити 180 мг/кг. Концентрація амінокислоти зростає в процесі дозрівання меду і корелює з кількістю секрету травних залоз, внесених бджолою під час переробки нектару в мед. Кількість проліну також залежить від ботанічного походженням меду. Деякі дослідники виявляють присутність проліну в значно більших кількостях в темних медах (21–23%), ніж у світлих (2–7%).

Отримані нами результати показують, що в досліджених зразках меду вміст проліну коливався від 127,0 мг/кг до 344,7 мг/кг залежно від ботанічного походження. Під час дослідження зразків меду, де вміст пилкових зерен акації становив менше ніж 10%, вміст проліну був 224,4±43,5 мг/кг. У зразках, де вміст пилкових зерен акації коливався від 10% до 16%, середній показник вмісту проліну становив 153,0±9,1 мг/кг, в той час, як при наявності пилкових зерен від 20 до 39%, середнє значення вмісту проліну було 139,1 ± 6,1 мг/кг.

Слід зазначити, що за вимогами ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови», вміст проліну у акацієвому меді має бути не менше 200 мг/кг. Ми встановили, що середнє значення вмісту проліну в акацієвому меді складало 139,1±6, мг/кг. У зразках, де вміст пилкових зерен становив 10–20%, вміст проліну коливався від 136,0 до 166,0 мг/кг, в той час, як за наявності у меді пилкових зерен більше ніж 20–39%, вміст проліну зменшувався та коливався від 127,0 до 151,0 мг/кг. У зразках меду, у складі якого менше ніж 10% пилкових зерен акації, вміст проліну збільшувався внаслідок потрапляння пилку інших рослин та коливався від 162,0 до 344,7 мк/кг.

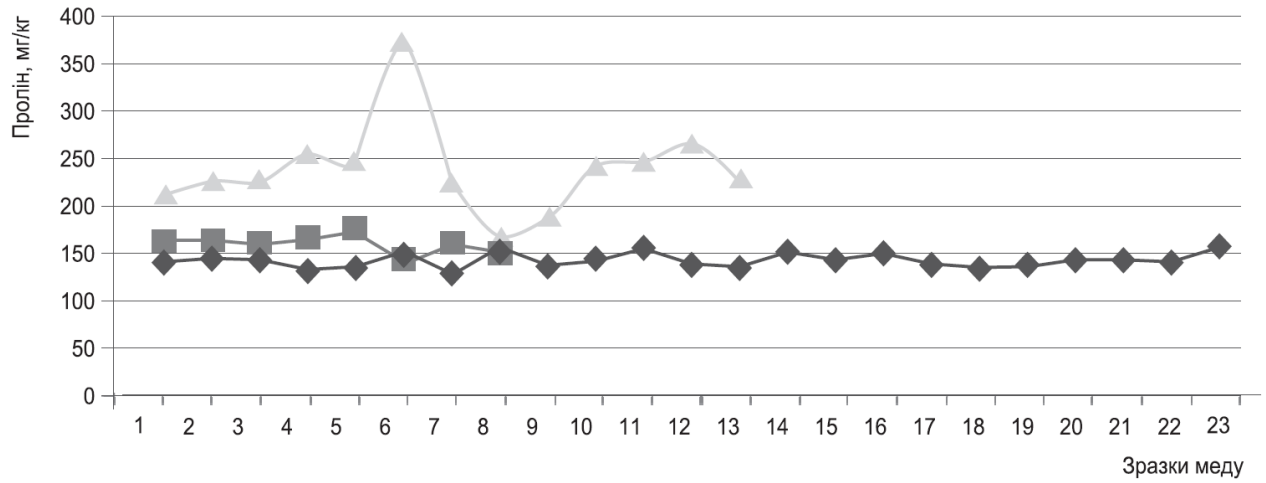


Рисунок 5.2. Вміст проліну меду залежно від частки пилку акації, мг/кг

Примітка: *– 10 – 20%; – більше 20%; – менше 10%.*

На рис. 5.2 видно, що вміст проліну у зразках меду з вмістом 10–20% та більше ніж 20% пилкових зерен акації майже сходяться. Це наводить на думку про те, що при 10% та вище вмісту пилкових зерен з *Robinia pseudaacacia* та вмістом пилку рослин родини хрестоцвітих *(Brassicaceae)* до 10%, такий мед можна відносити до монофлорного. За результатами досліджень зразків меду з різних регіонів України можна зробити висновок про те, що показники якості 44 зразків меду, зібраного у 2022 році відповідали міжнародним вимогам та національним стандартам за основними показниками якості меду, попри воєнний стан в країні, зміну кліматичних умов та погіршення кормової бази бджільництва (знищення медоносних дерев і кущів) та зменшення бджолосімей. Поряд з цим, *Лівенець (2023)* підкреслює негативний вплив війна на бджільництво та якість меду.

Важливо підкреслити, що акацієвий мед *(Lukash et al., 2024)* має низку різних лікувальних властивостей. Його антисептичні властивості використовуються для лікування кон'юнктивіту та інших захворювань очей, а також нейродерміту та екземи. За регулярному вживанні акацієвий мед допомагає знизити кров'яний тиск. Він має легкий седативний ефект і корисний при психічних розладах та нервових зривах. Автори вказують антимікробну активність *in vitro* натурального акацієвого меду проти грампозитивних штамів, таких як

Staphylococcus aureus subsp. aureus Rosenbach (ATCC® 25923™), *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 51299™) (стійкий до ванкоміцину; чутливий до тейкопланіну) та *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 29212™) і грамнегативні штами, такі як *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™).

З поглибленням досліджень біоактивних компонентів меду розширюється розуміння їхнього позитивного впливу на організм людини. Біологічно активні речовини, що входять до складу натурального меду, зумовлюють його антиоксидантні, протизапальні, антимікробні та імуномодулювальні властивості, що підтверджується результатами сучасних біохімічних і клінічних досліджень. *Sha Yan et al. (2022)* встановили, що зрілий мед, вироблений бджолами природним шляхом у вулику, характеризується вираженим вмістом біоактивних компонентів, що зумовлює його підвищену харчову та функціональну цінність. Водночас ідентифікація ступеня зрілості меду залишається складним аналітичним завданням. Одним із перспективних напрямів дослідження є виявлення слідових олігосахаридів, які можуть слугувати потенційними біомаркерами, що вказують на зрілість меду. Автори пропонують використовувати олігосахариди в акацієвому меді для ідентифікації зрілості. За допомогою ГХ-МС та використання метаболомічну стратегії здійснили скринінг олігосахаридів, які відрізняють мед з різними термінами зрілості. Вміст туранози поступово збільшувався у зразках акацієвого меду та був тісно пов'язаний з кількістю днів зберігання у вулику ($p<0,05$). Для точного кількісного визначення туранози був розроблений метод UPLC-ELSD. Використовуючи встановлений метод, мед з ≥1,20 г/100 г туранози можна класифікувати, як зрілий акацієвий мед. На основі попереднього дослідження науковцями проаналізовано 500 комерційних акацієвих медів, і лише 77,2% цих зразків мали задовільний рівень туранози.

Ряд авторів *(Loredana et al., 2023),* досліджуючи п'ять сортів меду (поліфлорний, соняшниковий, липовий, ріпаковий та акацієвий) з південної Румунії, класифікували їх за допомогою хемометричних методів у поєднанні з ІЧ-спектроскопією. Було досліджено вплив ботанічного походження на фізико-хімічні характеристики меду. Окрім антиоксидантної активності, ботанічне походження меду суттєво впливало на такі показники, як вологість, зольність, електропровідність, pH, вільна кислотність, загальний вміст цукру, гідроксиметилфурфурол, загальний вміст фенольних речовин, таніни та вміст флавоноїдів. Результати показали, що соняшниковий мед мав найвищий вміст вологи (15,53%), вільну кислотність (16,67 мЕкв/кг), електропровідність (483,92 мкСм/см), фенольні сполуки (167,59 мг GAE на 100 г) та флавоноїди (19,00 мг CE на 100 г), тоді як поліфлорний мед мав найвищий загальний вміст цукру (69,64 г Glu/100 г). Найвищий вміст ГМФ був виявлений у липовому меді – 33,94 мг/кг. Вміст ГМФ у всіх протестованих медах був у межах рекомендованих норм, що також може вказувати на відсутність термічної обробки. Усі п'ять сортів досліджуваного меду мали безпечний вміст вологи для зберігання та споживання (12,21–18,74%). Вільна кислотність меду коливалася в діапазоні від 4,00 до 25,00 мЕкв/кг; це свідчило про свіжість зразків та відсутність будь-яких процесів бродіння. Мед із загальним вмістом цукру понад 60% (за винятком липового меду з 58,05 г Glu/100 г) демонстрував характеристики меду, отриманого з нектару. Підвищена антиоксидантна активність меду корелювала з високим вмістом вологи, флавоноїдів та ГМФ, тоді як таніни та ГМФ позитивно корелювали з зольністю та електропровідністю. Вищий вміст фенолів, флавоноїдів та танінів корелював з вищою вільною кислотністю. Хемометричний метод у поєднанні зі спектрами ATR-FTIR виявив чітке розмежування між липовим медом та акацієвим, поліфлорним та соняшниковим медом.

Camil Harfa et al. (2025) дослідили якість та безпечність харчових продуктів для 15 сортів меду з пасік у повіті Алба (Румунія) за органолептичними та фізико-хімічними характеристиками, серед яких основними вважали частку води та кількість поліфенолів. Вміст води істотно впливає на фізико-хімічну стабільність меду, зокрема на процеси кристалізації та ризик бродіння, а також визначає термін придатності меду. Вміст води варіює залежно від

ботанічного походження нектару, кліматичних умов регіону, а також технологічних аспектів екстракції та умов зберігання. Поліфеноли – це біоактивні сполуки з антиоксидантними властивостями, які відіграють роль у захисті від оксидативного стресу та пошкодження клітин. Поліфеноли, що містяться в меді, в основному походять з рослин, що виробляють нектар, і сприяють його функціональним властивостям, включаючи антимікробну та протизапальну активність. Кількість поліфенолів може змінюватися залежно від ботанічного походження, кліматичних умов та методів обробки меду. Дослідження показали, що темніші сорти меду, такі як каштановий або лісовий мед, як правило, мають вищий вміст поліфенолів порівняно зі світлішими сортами, такими як акацієвий мед, у якому цих сполук менше. Визначення загального вмісту поліфенолів є важливим для оцінки харчової та терапевтичної користі меду та для вірної класифікації різних сортів меду. За результатами досліджень, загальний вміст поліфенолів варіював від 274,08 до 354,84 мкг/г, за цього найвищі значення спостерігалися в малиновому та акацієвому медах.

5.3. Характеристика монофорного гречаного меду

Лариса Акименко, Людмила Лазарєва, Володимир Постоєнко

Гречка звичайна (*Fagopyrum esculentum*) як круп'яна культура має тривалу історію використання в харчуванні людини та посідає провідне місце в структурі сучасного аграрного виробництва (*Chettry, 2022; Сидякіна, 2025*). Як харчовий продукт, гречка заслуговує на особливу увагу завдяки відсутності глютену, збалансованому амінокислотному складу білків та високому рівню антиоксидантної активності (*Md. Nurul Huda, 2021; Sajad Ahmad Sofi, 2022*). Біохімічні характеристики гречки як медоноса створюють підґрунтя для розуміння цінності гречаного меду, зумовленої його ботанічним походженням та функціональними властивостями (*Shakoori et al., 2024*). *Dezmirean et al. (2021)* наголошують на ключовій ролі рослин у підтриманні екологічної рівноваги, зокрема завдяки їхній функції як основного джерела їжі, а також як сировини для промисловості, фармацевтики, медицини та тваринництва. Це положення є особливо актуальним у контексті взаємодії медоносних бджіл з медоносними рослинами. Бджоли використовують зовнішню рослинну сировину – нектар, пилок і смоли – для синтезу низки продуктів бджільництва, зокрема меду, бджолиного обніжжя, перги та прополісу.

Україна вважається одним з основних світових виробників гречаного меду. Він може мати різний колір – від темно-жовтого з червонуватим відтінком до темно-коричневого, характеризується специфічним смаком і своєрідним ароматом, властивим квітам гречки *(Fagopyrum esculentum* Moehch*)*. Доведено, що цей мед вирізняється значним умістом фенольних сполук, а тому володіє антибактеріальною та антиоксидантною активністю і, ймовірно, переважає за цими показниками мед із мануки. Гречаний мед містить 36,75 % глюкози та 40,29 % фруктози, кількість білків і заліза у ньому набагато вища, ніж у світлих медах. Завдяки своїм харчовим і функціональним властивостям гречаний мед відноситься до цінних сортів.

Мед розглядається як важливе джерело природних антиоксидантів, концентрація яких безпосередньо залежить від ботанічного походження нектару та географічного розташування кормової бази бджіл. Особливу цінність має пилок, що містить біологічно активні речовини рослини-медоноса і слугує достовірним маркером ботанічного походження меду. У зв'язку з цим останніми роками спостерігається зростання наукового інтересу до ідентифікації біоактивних сполук у продуктах бджільництва – меді, маточному молочку, прополісі та бджолиному обніжжі — з огляду на їхню потенційну користь для здоров'я людини.

Методи мас-спектрометрії показали, що продукти бджільництва містять в своєму складі багато корисних для здоров'я людини сполук, але також виявили досить високу різноманітність хімічного складу продуктів бджільництва в залежності від багатьох факторів (*Peršurić and Kraljević, 2021; Lawag et al., 2022).* Різноманітність речовин, що присутні в нектарі медоносних рослин, сприяють варіабельності профілів вторинних метаболітів меду, і

це також може вплинути на рівень його біоактивності. Визначено, що більшість флористичних маркерів у меді, отриманих із нектару медоносних рослин, є флавоноїдами або фенолкарбоновими кислотами. Таким чином, ідентифікація цих сполук у меді може бути важливим інструментом для розпізнавання його ботанічного походження.

Визначення ботанічного походження меду є дуже важливою інформацією, яка поповнює базу даних GBIF – the Global Biodiversity Information Facility, це міжнародна мережа та інфраструктура даних, відкритого доступу до даних. Тут наведена така інформація, як загальна назва меду, назва роду та/або виду, а також родина ботанічного джерела монофлорного меду, перевірена за допомогою країни походження; країна, де було проведено дослідження, а також загальна кількість проаналізованих зразків, виявлені сполуки та методи виявлення/ідентифікації, використані для визначення сполук, були зареєстровані та зведені в таблиці. Зібрану інформацію потім згрупували на основі роду, ботанічного виду та/або загальної назви, а також на основі країни, де проводилося дослідження.

Таким чином, визначення оптимальних критеріїв оцінювання та специфічних для монофлорного меду фізико-хімічних показників, вмісту домінуючого пилку є актуальним науковим завданням.

Тому наступним важливим етапом нашого дослідження є визначення показників якості гречаного меду, як одного із сортів, що користується попитом серед споживачів та формує асортимент українського медового ринку. На основі аналізу показників якості гречаного меду врожаю 2023 року та встановлених взаємозв'язків між його фізико-хімічними характеристиками і пилковим складом, можна зробити висновок про багатоваріантність ботанічного профілю цього виду меду. Виявлені зразки демонструють відповідність вимогам ДСТУ щодо якості меду, що підтверджує їх автентичність та технологічну придатність до реалізації. Така варіативність свідчить про складну взаємодію між екологічними умовами, видовим складом медоносних рослин і біохімічними властивостями кінцевого продукту.

Для дослідження відібрали 41 зразок гречаного меду. Відбір проб меду, аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників проводили методами, зазначеними у ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови» *(ДСТУ 4497:2005, 2007).* Визначено органолептичні показники (консистенцію, смак, аромат, кристалізацію), масову частку води, діастазну активність, масову частку відновлювальних цукрів та сахарози, вміст проліну, електропровідність. Визначення видового складу пилкових зерен здійснювали мікроскопічним методом. Ідентифікація пилкових зерен медоносів проводили за допомогою атласу та використовували електроні бази данні пилку PaDat з використанням мікроскопу PZO Warszawa (Польща). Отримані дані обробляли статистично з використанням програми «Microsoft Excel 15,0» із обчисленням середнього арифметичного (M), стандартної похибки (m) *(Салига, 2022).* Основні органолептичні показники якості гречаного меду представлено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Органолептичні показники монофлорного гречаного меду

Назва показника	Значення показника щодо меду гречки
Колір	від темно-жовтого до темно-коричневого
Смак	солодкий, гострий, подразнює слизову оболонку ротової порожнини
Аромат	специфічний, властивий меду з квітів гречки
Консистенція	рідка, в'язка, дуже в'язка, щільна (в залежності від пори року)
Кристалізація	від дрібнозернистої до крупнозернистої
Ознаки бродіння (закисання)	не допускаються
Механічні домішки	не допускаються

За результатами органолептичних досліджень було виявлено, що зразки гречаного меду відрізнялися за кольором (від темно-жовтого до темно-коричневого), мають різної величини

кристали – від дрібно до крупнозернистих, та неоднакову консистенцію в залежності від пори року: від рідкої, в'язкої, дуже в'язкої до щільної. Зразки мають добре виражений аромат, властивий гречаному меду.

Наступним після органолептичного дослідження був проведений мелісопалінологічний аналіз з метою підтвердження ботанічного походження та монофлорність усіх 41 зразків меду. Згідно вимог до монофлорного меду, вміст основного пилку має становити не менш як 30% від загального пилкового складу (Наказ 330). Результати аналізу пилкового складу зразків гречаного меду засвідчили значну варіативність ботанічного походження продукції. Зокрема, у 10 зразках відносна кількість пилкових зерен гречки становила менше ніж 30%, що не дозволяє класифікувати їх як монофлорні. У 18 зразках частка пилку гречки перебувала в межах 30–40%, що відповідає критеріям умовної монофлорності. Водночас у 13 зразках вміст домінуючого пилку гречки перевищував 40%, що свідчить про їх чітке монофлорне походження згідно з прийнятими нормативними підходами.

Під час дослідження пилкового складу зразків монофлорного меду з гречки встановлено, що супутніми пилками були: 8–23% соняшник *(Helianthus annuus* L.*),* 9–15 % конюшини *(Trifolium* spp.*),* 7–16% родина капустяні (Brassicaceae), 3–5% цикорію *(Cichorium intybus* L.*),* 6–9% гірчиці польової *(Sinapis arvensis* L.*),* 3–7 % чини лучної *(Lathyrus sylvestris L.),* 4–8% коріандру *(Corianfrum sativun* L.*),* 5–9% еспарцету *(Onobrychis arenaria),* 5–10% кропиви *(Urtica dioica* L.*),* 3–12% буркуну білого *(Melilotus albus),* 3–6 % глухої кропиви білої *(Lamium album* L.*),* 5–16% чортополоху *(Carduus* L.*)*, 3–6 % родини гвоздичних (Caryophyllaceae)*,* 7–12% волошки *(Centaurea* L.*),* 8–13 % лядвенцю *(Lotus corniculatus* L.*),* 3–11% материнки *(Origanuv vulgare),* 4–8% верби *(Salix* L.*)* 6–9% плодових дерев, 3–7% медунки *(Pulmonaria officinalis),* 8–11% гледичії звичайної *(Gleditschia tricanthos* L.*),* 5–11% аморфи *(Amorpha fruticosa* L.*),* 6–9% вероніки *(Veronica).* Мелісопалінологічний аналіз показав, що кожний зразок меду мав особливий пилкових склад, що потенційно впливає на фізико-хімічні показники.

Одним із ключових показників якості меду є масова частка води, яка значною мірою залежить від ступеня зрілості продукту, умов зберігання та ботанічного походження нектару. У проаналізованих зразках гречаного меду масова частка води варіювала в межах від 17,4% до 20,8%. Зокрема, у зразках із вмістом домінуючого пилку гречки на рівні 30–40% масова частка води становила 17,4–20,5%, із середнім значенням 18,8 ± 0,2%. У зразках, де частка основного пилку перевищувала 40%, масова частка води коливалася в межах 17,4–20,8%, із середнім значенням 18,6 ± 0,3% (табл. 5.2). Усі досліджені зразки відповідають вимогам ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови» щодо допустимого рівня масової частки води.

Таблиця 5.2. Фізико-хімічні показники якості характерні для монофлорного гречаного меду

Вміст пилкових зерен, %	Масова частка води, %	Діастазне число, од.Готе	Масова частка відновлюючих сахарів, %	Масова частка сахарози, %	Електропровідність, Мс/см
30–40%	18,8±0,2	36,4±0,7	79,5±0,2	4,5±0,1	0,4±0,02
40–52%	18,6±0,3	46,8±0,97	83,6±0,4	4,5±0,2	0,4±0,01

Одним із важливих завдань було визначення ступеня варіативності основних фізико-хімічних показників якості монофлорного гречаного меду залежно від вмісту пилкових зерен основного та супутніх медоносів. У 18 зразках, класифікованих як монофлорні, діастазне число коливалося в межах 30,6–42,5 од. Готе, із середнім значенням 36,4 ± 0,7 од. Готе. У 13 зразках із найвищим вмістом домінуючого пилку гречки цей показник варіював у межах 41,2–51,9 од. Готе, із середнім значенням 46,8 ± 0,97 од. Готе. Отримані результати свідчать про наявність кореляційного зв'язку між пилковим профілем меду та його ферментативною

активністю, що може бути використано для уточнення критеріїв монофлорності, автентичності та стандартизації меду як харчового продукту.

Кількість відновлювальних цукрів, де вміст пилкових зерен гречки знаходився від 30 до 40%,коливався у межах від 78,4 до 81,0%, із середнім значенням 79,5±0,2%, а кількість сахарози – в межах від 3,5 до 5,2 %, з середнім значенням 4,5±0,1 %. Аналіз зразків з вмістом пилкових зерен основного медоносу був більшим 40 %, середнє значення відновлювальних цукрів становила 83,6 ± 0,4 %, а сахарози – 4,5±0,2 %.

Електропровідність меду тісно пов'язана з ботанічним походженням меду. У 18 зразках монофлорного меду з гречки електропровідність коливалася в межах 0,274 до 0,547 мС/см з середнім значенням електропровідності 0,4±0,02 мС/см, для меду монофлорного з домінуючім вмістом пилку з гречки понад 40% електропровідність коливалася від 0,314 до 0,413 з середнім значенням 0,4±0,01.

Пролін, що надходить до меду переважно з секрету бджіл, є специфічним маркером натуральності та ступеня зрілості продукту. За результатами дослідження 18 зразків монофлорного гречаного меду, його вміст варіював у межах 308,2–358,9 мг/кг, із середнім значенням 326,4 ± 7,5 мг/кг. У зразках із часткою пилку гречки 40% і більше концентрація проліну коливалася в межах 271,4–457,4 мг/кг, із середнім значенням 368,2 ± 14,6 мг/кг. Отримані дані підтверджують залежність вмісту проліну від ботанічного походження меду та ступеня його зрілості, що може бути використано як додатковий критерій автентичності при оцінці якості апіпродуктів.

Співвідношення кількості фруктози до глюкози у 18 зразках меду коливалося в межах від 0,77 до 0,82; з вмістом пилку 40% та вище – 0,72 до 0,99. Незалежно від вмісту домінуючого пилку з гречки для монофлорного меду середнє співвідношення кількості фруктози до глюкози становило – 0,8±0,01 (табл. 5.3).

Таблиця 5.3. Результати досліджень показників натуральності гречаного меду

Вміст пилкових зерен, %	Вміст проліну, мг/кг	Співвідношення ф/г
30–40%	326,4±7,5	0,8±0,01
40–52%	368,2±14,6	0,8±0,03

Під час аналізу основних фізико-хімічних показників якості кожного окремого зразка монофлорного гречаного меду у порівнянні з його пилковим складом було встановлено наявність певної залежності між фізико-хімічними характеристиками меду та спектром пилкових зерен. Зокрема, навіть за однакового вмісту домінуючого пилку гречки спостерігаються розбіжності у всіх основних фізико-хімічних показниках, що зумовлено варіативністю супутніх пилків. Це свідчить про вплив ботанічного різноманіття медоносних рослин на якісні параметри кінцевого продукту.

Так, при порівняні двох зразків меду з однаковим вмістом домінуючого пилку з гречки (32 %) виявлено, що діастазне число кожного зразку різне. У одному зразку – 30,6 од. Готе, а у другому – 42,5 од. Готе. Аналіз цих зразків показав, що вони мали різний склад вмісту супутніх пилкових зерен, а саме – синяку, липи, конюшини, лядвенцю, чортополоху, які впливають на ферментативну активність меду.

Для подальшого порівняння було відібрано два додаткові зразки гречаного меду з високим вмістом домінуючого пилку гречки – 52%. Аналіз фізико-хімічних параметрів цих зразків також виявив суттєві розбіжності, що підтверджує вплив супутнього пилкового спектра на якість меду. У першому зразку, де були присутні пилкові зерна верби, плодових дерев, гледичії, фіалки, суниці, медунки та представників родини хрестоцвітих (характерних для медоносів із низькою ферментативною активністю), діастазне число становило 35,48 од. Готе. Натомість у другому зразку, де супутній пилковий склад був іншим, діастазна активність досягала 51,9 од. Готе. Отримані результати підтверджують, що навіть за однакового рівня домінуючого пилку гречки, фізико-хімічні показники меду можуть суттєво варіювати залежно від ботанічного складу супутніх медоносів.

Під час дослідження зразків меду з 32% домінуючого пилку гречки встановлено, що вміст проліну у першому зразку становив 308,2 мг/кг, тоді як у другому зразку, який додатково містив пилкові зерна синяку та чортополоху, концентрація проліну зросла до 317,4 мг/кг. Аналіз зразків із 52% пилку гречки також продемонстрував значну варіативність: у третьому зразку вміст проліну становив 415,4 мг/кг, тоді як в іншому зразку з аналогічною часткою домінуючого пилку — лише 271,4 мг/кг. У цьому зразку були присутні пилкові зерна медоносів із низькою ферментативною активністю, що, ймовірно, зумовило зниження рівня проліну. Отримані результати підтверджують, що вміст проліну в меді залежить не лише від частки основного пилку, а й від ботанічного складу супутніх медоносів, що впливають на ферментативний профіль кінцевого продукт.

Електропровідність меду є одним із показників, що використовуються для визначення його ботанічного походження, оскільки вона корелює з вмістом мінеральних речовин. Під час дослідження зразків меду з однаковим вмістом домінуючого пилку гречки (32%) та різним складом супутніх пилків було встановлено суттєву різницю в електропровідності. У першому зразку вона становила 0,311 мС/см, тоді як у другому — з наявністю пилкових зерен липи — електропровідність зросла майже вдвічі, до 0,547 мС/см. Збільшення цього показника пояснюється високим вмістом мінеральних речовин у пилку липи, що вплинуло на загальний мінеральний склад меду. Отримані результати підтверджують значення електропровідності як індикатора ботанічного складу та мінеральної насиченості меду.

Результати дослідження засвідчили, що електропровідність зразка меду з часткою пилку гречки 52% становила 0,474 мС/см при діастазному числі 51,9 од. Готе. Натомість у зразку з таким же рівнем домінуючого пилку, але з низьким вмістом проліну (271,4 мг/кг), електропровідність була нижчою — 0,317 мС/см. У складі цього зразка були присутні пилкові зерна медоносів із низькою ферментативною активністю, що вплинуло не лише на електропровідність, а й на інші фізико-хімічні показники якості. Отримані дані підтверджують, що супутній пилковий спектр відіграє важливу роль у формуванні біохімічного профілю меду, навіть за однакового рівня домінуючого пилку.

Усі 41 зразок меду, що надійшли до лабораторії як гречаний мед, за основними фізико-хімічними показниками якості відповідають вимогам ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови», що підтверджує їх відповідність нормативним критеріям безпечності та автентичності. Органолептичний аналіз засвідчив значну варіативність кольору зразків – від темно-жовтого до темно-коричневого. Така різноманітність свідчить про складну природу кольорової характеристики гречаного меду, яка формується під впливом ботанічного походження, ступеня зрілості, хімічного складу та присутності супутніх медоносів.

З огляду на це, доцільно розглянути колір меду як багатокомпонентний показник, що може слугувати додатковим індикатором ботанічної специфіки та біохімічної активності продукту. У подальшому буде проаналізовано спектрофотометричні та органолептичні особливості кольору гречаного меду в контексті його фізико-хімічного профілю. Так, *Starowicz et al., (2021)* дослідили взаємозв'язки між індексом потемніння, загальним вмістом фенольних сполук, кольором та антиоксидантною активністю польських сортів меду. За результатами дослідження, найбільший вміст фенолів був зафіксований у гречаному меді, далі – у меді з вересу, акації, поліфлорному, липовому та ріпаковому. Крім того, найвищий індекс потемніння (3,1) спостерігався саме у гречаному меді, що корелює з його темним кольором. Автори дійшли висновку, що індекс потемніння має суттєвий вплив на зовнішній вигляд меду, а також на концентрацію біоактивних речовин і антиоксидантну активність.

Таким чином, колір меду, зокрема його потемніння, може розглядатися не лише як естетичний параметр, а й як індикатор функціональної цінності продукту. У контексті гречаного меду це положення набуває особливої актуальності, оскільки темний колір часто супроводжується високим вмістом фенолів, мінералів та ферментів.

Унікальний аромат гречаного меду був предметом численних досліджень. Зокрема, при аналізі 10 зразків монофлорного гречаного меду, зібраного італійськими та західноєвропейськими бджолярами, було ідентифіковано понад 100 летких сполук, більшість

з яких були присутні у всіх зразках, хоча й з кількісними варіаціями. Наявність 2- і 3-метилбутаналю, а також фенілцетальдегіду підтвердила типовий аромат гречаного меду, що узгоджується з його фізико-хімічними характеристиками. Загалом у зразках було напівкількісно визначено 110 летких сполук. Статистичний аналіз виявив значущі кореляції між ароматичним профілем меду та регіоном його виробництва ($P = 0{,}0002$). На основі отриманих даних автори запропонували метод класифікації аргентинського меду за географічним походженням із достовірністю 96%, використовуючи характер летких сполук як класифікаційний критерій.

Panseri et al., (2013) дослідили профіль летких органічних сполук у меді, комерційно позначеному як гречаний, зібраному в Альпійському регіоні, та його зв'язок із результатами мелісопалінологічного аналізу. Встановлено, що зразки, які містили пилкові зерна гречки в різній концентрації, демонстрували специфічні ароматичні профілі, що суттєво відрізняли їх від інших типів квіткового меду. Серед ідентифікованих летких сполук у гречаному меді з Альп були значно вищі концентрації 3-метилбутаналю, бутанової, пентанової та ізовалеріанової кислот. Крім того, низка сполук була виявлена виключно у зразках, що містили пилок гречки: 3-метил-2-бутен-1-ол, 2-бутанон, 2-гідрокси-3-пентанон, 4-метилпентанова кислота, 4-пентанова кислота, бутаналь, 2-метилбутаналь, пентанал, дигідро-2-метил-3(2H)-фуранон, 5-метилфурфурол та цис-ліналол оксид. Ці сполуки формують характерний ароматичний профіль гречаного меду та можуть розглядатися як потенційні маркери сорту для ботанічної ідентифікації. Отримані результати підтверджують, що поєднання мелісопалінологічного аналізу з дослідженням летких органічних сполук дозволяє більш точно визначати ботанічне походження меду.

Zhou et al. (2002) встановили, що серед летких органічних сполук гречаного меду найсильнішими ароматизаторами є 3-метилбутаналь, 3-гідрокси-4,5-диметил-2(5H)-фуранон (сотолон) та (E)-β-дамасценон. Зокрема, 3-метилбутаналь був ідентифікований як ключовий компонент, відповідальний за характерний солодовий аромат гречаного меду. Ці сполуки формують унікальний ароматичний профіль, що може слугувати маркером ботанічного походження. Паралельно, результати мелісопалінологічного аналізу зразків гречаного меду дозволили встановити варіативність вмісту пилкових зерен гречки: у 10 зразках їхня частка становила менше ніж 30%, у 18 зразках – від 30 до 40%, а у 13 зразках – понад 40%, що відповідає критеріям монофлорності. У порівнянні з цими даними, *Nešović et al. (2022)* виявили пилок *Fagopyrum* у сербському гречаному меді на рівні 3–15%, а в польських зразках – у межах 16–45%. Отримані результати свідчать про значну географічну та ботанічну варіативність гречаного меду, що проявляється як у пилковому складі, так і в ароматичному профілі. Це підтверджує доцільність комплексного підходу до ідентифікації ботанічного походження меду, який поєднує мелісопалінологічні та хімічні методи.

Особливий інтерес викликає вплив ботанічного походження гречаного меду на його фізико-хімічні та органолептичні властивості *(Starowicz et al., 2021)*. Нами встановлено, що у 18 зразках високомонофлорного меду, діастазне число коливалось у межах від 30,6 до 42,5 од. Готе з середнім значенням 36,4±0,7, у 13 зразках з найбільшим вмістом домінуючого пилку з гречки діастазне число коливалось у межах від 41,2 до 51,9 од. Готе з середнім значенням 46,8±0,97.

Електропровідність меду тісно пов'язана з ботанічним походженням меду. За нашими даними у 18 зразках монофлорного гречаного меду електропровідність складала в середньому 0,4±0,02 мС/см, для меду монофлорного з домінуючім вмістом пилку з гречки понад 40% з середнім значенням 0,4±0,01. Для порівняння *Panseri et al. (2013)* досліджували профіль меду, комерційно позначеного як гречаний мед, з Альп, і його зв'язок із мелісопалінологічними дослідженнями. За визначенням авторів ці результати дозволяють зробити висновок, що електропровідність може бути надійним параметром для ботанічної визначення меду. Наприклад, акацієвий мед можна достовірно відрізнити від інших сортів меду завдяки найнижчому середньому вмісту проліну серед досліджених зразків, що підтверджує його характерну біохімічну специфіку. У контексті гречаного меду, порівняння зразків із 32%

домінуючого пилку гречки показало, що вміст проліну становив 308,2 мг/кг у першому зразку, тоді як у другому – за наявності пилкових зерен синяку та чортополоху – цей показник зріс до 317,4 мг/кг. Аналіз зразків із 52% пилку гречки засвідчив ще більшу варіативність: у третьому зразку вміст проліну досяг 415,4 мг/кг, що свідчить про вплив ботанічного складу на амінокислотний профіль меду.

Додатково було проведено аналіз співвідношення фруктози до глюкози у досліджених зразках гречаного меду. Незалежно від рівня домінуючого пилку гречки, для монофлорного меду середнє співвідношення фруктози до глюкози становило $0{,}8 \pm 0{,}01$, що узгоджується з літературними даними для медів із підвищеним вмістом глюкози. Зазначене співвідношення є важливим технологічним показником, оскільки воно впливає на схильність меду до кристалізації, його консистенцію та стабільність під час зберігання.

Таким чином, поєднання даних про вміст проліну – як маркера натуральності та зрілості – зі співвідношенням моносахаридів дозволяє більш точно охарактеризувати ботанічну специфіку гречаного меду, а також диференціювати його від інших монофлорних сортів. Ці параметри можуть бути використані як інструменти для автентифікації, стандартизації та підвищення комерційної цінності продукту в умовах міжнародної торгівлі.

Основною складністю застосування бджолиного меду в сучасній медицині є значна видова варіативність його хімічного складу, що зумовлена ботанічним походженням, географічними умовами збору та технологією обробки. Така варіативність може по-різному впливати на біологічну активність меду, а отже – на його терапевтичні ефекти. Незважаючи на це, наукова література визнає мед як перспективний природний засіб із широким спектром дії.

Найважливішими поживними компонентами меду є вуглеводи, представлені переважно моносахаридами – фруктозою та глюкозою. Завдяки своєму складу мед проявляє антиоксидантну, протизапальну та антибактеріальну активність, а також сприяє процесам загоєння ран, зокрема покращує приклеювання шкірних трансплантатів. Його ефективність у профілактиці кашлю, підтримці репродуктивної функції та стимуляції регенеративних процесів підтверджена численними дослідженнями. Існують переконливі наукові докази, що підтверджують антиоксидантну та антибактеріальну природу меду, що відкриває перспективи його застосування як нутрицевтичного та фармакологічного агента.

Cucu et al. (2021) зазначають, що харчові та терапевтичні аспекти натуральних продуктів останнім часом привертають дедалі більшу увагу наукової спільноти та споживачів, що пов’язано з зростаючим інтересом до здоров’я, благополуччя та профілактичної медицини. У цьому контексті бджолиний мед, як багатокомпонентний природний продукт із доведеною біоактивністю, розглядається не лише як харчовий інгредієнт, а й як перспективний нутрицевтик. Зростання інтересу до меду як функціонального продукту узгоджується з глобальними тенденціями у сфері здорового харчування, що стимулює подальші дослідження його складу, механізмів дії та можливостей стандартизації для медичного застосування.

Dżugan et al. (2020) показали, що гречаний мед є найтемнішим серед польських сортів меду та демонструє найвищу антибактеріальну й антиоксидантну активність. З метою ідентифікації факторів, відповідальних за біоактивність гречаного меду, було проведено аналіз 20 зразків, зібраних у південно-східній Польщі. Вимірювали антиоксидантну дію, здатність до поглинання вільних радикалів, а також загальний вміст фенольних і флавоноїдних сполук. Результати дослідження засвідчили достовірну кореляцію між антибактеріальною активністю, антиоксидантною здатністю та концентрацією фенольних сполук ($p < 0{,}05$). Серед 13 ідентифікованих фенольних компонентів лише кверцетин, рутин, хлорогенова кислота та кавова кислота виявилися статистично значущими маркерами, що корелюють із біоактивністю меду. Це підтверджує, що саме ці сполуки можуть бути використані як індикатори функціональної цінності гречаного меду.

Зростаючий інтерес до вивчення хімічного складу меду та його впливу на здоров’я людини супроводжується підвищенням вимог до якості продукту, що актуалізує потребу в стандартизованих методах оцінки біоактивності.

Таким чином, отримані дані підтверджують наявність взаємозв'язку між основними фізико-хімічними показниками якості монофлорного гречаного меду та його пилковим складом. Зокрема, зі збільшенням частки домінуючого пилку гречки спостерігається підвищення діастазного числа, вмісту проліну та сахарози, тоді як концентрація відновлювальних цукрів має тенденцію до зниження. Незалежно від рівня домінуючого пилку, для монофлорного гречаного меду середнє співвідношення фруктози до глюкози становить 0,8 ± 0,01, що є стабільним показником, пов'язаним із його схильністю до кристалізації.

Встановлено також, що фізико-хімічні параметри гречаного меду залежать не лише від частки основного пилку, а й від наявності супутніх пилкових зерен. При однаковому рівні домінуючого пилку з гречки, варіативність супутнього ботанічного складу зумовлює зміни в діастазній активності, вмісті проліну, електропровідності та інших показниках якості. Зокрема, електропровідність демонструє чутливість до присутності вторинних пилкових зерен, особливо тих, що мають високий або низький мінеральний та ферментативний потенціал.

Отже, для комплексної оцінки якості та автентичності монофлорного гречаного меду доцільно враховувати не лише рівень домінуючого пилку, а й спектр супутніх медоносів, що формують біохімічний та органолептичний профіль продукту. Це відкриває перспективи для розробки більш точних критеріїв стандартизації та сертифікації меду як функціонального харчового продукту.

5.4. Монофлорний соняшниковий мед (*Helianthus annuus*)

Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко

Соняшник (*лат. Helianthus* – «сонячна квітка») – рід рослин родини Айстрові. Цей великий рід, що походить з Північної та Південної Америки, налічує нині 108 видів. Найвідомішим серед них є соняшник олійний, або соняшник однорічний (*Helianthus annuus*). Соняшник – важлива медоносна рослина. Мед, зібраний з нектару його квітів, має золотисто-жовтий колір, слабкий аромат і злегка терпкий смак. Кристалізується дрібними кристалами, набуваючи світло-бурштинового відтінку. Соняшниковий мед виробляється в багатьох країнах світу – зокрема в Італії, Іспанії, США, Франції та Болгарії. До речі, у Болгарії близько третини всього меду припадає саме на цей цінний продукт. На світовому ринку мед із соняшнику складає найбільший відсоток експортних поставок України. близько 90% українського меду на експорт – це мед з соняшнику. Разом з тим існує і протилежна думка про те, що такий підхід не дозволяє використати ті сучасні споживацькі тренди, що панують на ринках Європи та можуть принести експортерам додаткову виручку, тому що європейські споживачі шукають інноваційні продукти з новими цікавими смаками – наприклад, з прянощами, з горіхами та ягодами, травами, гострий мед із перцем, різноманітні види крем-меду. Органічна продукція також є безумовним фаворитом ринку - разом із монофлорними сортами меду. Експерт пояснив низьку ціну українського меду на ринках світу *(Ціна українського меду, 2025).*

Середа та ін. (2021) на базі факторного аналізу проаналізували перспективні ринки Німеччини, Польщі та Бельгії за низкою критеріїв, серед яких слід назвати ємність ринку, вимоги до якості, рівень конкуренції, вхідні бар'єри на ринку, територіальну близькість, індекс легкості ведення бізнесу, культурне сприйняття продукту. Метод експертних оцінок дав змогу виділити ринок Німеччини як потенційно найбільш привабливий. Німеччина є найбільшим споживачем меду в ЄС, більшу частку споживання ця країна покриває за рахунок імпорту. *Старостіна та ін. (2021)* здійснили огляд ринку меду України, виявлено основні проблеми і тенденції розвитку ринку меду, виконано оцінювання привабливості міжнародного бізнес-середовища Близького Сходу для експорту меду українських виробників, визначено потенційний ринок для збуту меду українського походження за допомогою фільтрової моделі відбору цільових ринків. Для цього у процесі дослідження були використані метод аналізу та синтезу, який полягав у виявленні залежності між споживанням меду країнами Близького

Сходу та необхідністю в імпорті, метод порівняння міжнародних ринків, табличний метод для демонстрації ключових критеріїв відбору найбільш привабливих ринків, метод дедукції для огляду ринку меду Близького Сходу загалом та виявленні одного потенційного ринку для експорту, а також фільтрове моделювання для вибору потенційного ринку експорту меду українського походження. Наукова новизна і практична значущість роботи полягає в обґрунтованому визначенні основних можливостей розвитку ринку України в умовах поширення пандемії COVID-19 та виявленні потенційного ринку Близького Сходу для розширення географії збуту меду українського походження на міжнародному рівні на основі фільтрового моделювання та аналізу бізнес-середовища Близького Сходу. Цікаво, що популярність соняшникового меду стабільно збільшується за кордоном: зокрема, настільки піклуються про підростаюче покоління країни, як Японія, Південна Корея і Китай, зробили його обов'язковою частиною харчування в дитячих установах.

Куць та Макарчук (2023) проаналізовали динаміку виробництва та споживання меду в Україні. Завдяки вигідному географічному розташуванню та можливості виробляти високоякісну продукцію бджільництва Україна є однією з найпотужніших бджільницьких країн світу як для внутрішнього споживання, так і для експорту. Ринок меду характеризується показниками, що включають динаміку чисельності бджолиних сімей, динаміку виробництва меду, продуктивність виробництва меду з однієї бджолосім'ї в господарствах усіх категорій, підприємствах і господарствах населення; динаміку обсягів реалізації меду та середніх цін реалізації, оцінювання впливу війни на галузь. Виробництво меду здебільшого зосереджено в домогосподарствах (99% у 2022 р.), а незначна частина його виробництва належить підприємствам (1% у 2022 р.). Рентабельність виробництва меду в агропідприємствах у 2020 р. становила 3,3%. Аналізуючи динаміку реалізації меду, можна спостерігати його зниження з 2000 р. У 2022 р. ціни на мед зросли і становили 5330 грн/ц, що в 1,6 разів вище, ніж у 2020 р. У роботі представлена регресійна модель, за допомогою якої була оцінена залежність середніх цін реалізації меду від кількості реалізованого меду. Особливу увагу було приділено виробництву органічного меду, оскільки Україна має великий експортний потенціал цього продукту. Враховуючу сприятливу кон'юнктуру на світовому ринку, де ціна та попит на такий мед зростає, українські виробники зможуть підвищувати ефективність своєї діяльності. Однак при веденні органічного бджільництва можуть також виникати виробничі та ринкові ризики, які потрібно мінімізувати.

Соняшниковий мед належить до цінних сортів, які мають високу комерційну вартість у країнах Європи, що обумовлено його органолептичними та біохімічними властивостями. За консистенцією він менш в'язкий порівняно з іншими сортами меду, а завдяки дрібнокристалічній структурі характеризується швидкою кристалізацією, що забезпечує легкість розчинення в порожнині рота. Його колір варіює від світло-золотистого до гірчичного, а ароматично-смаковий профіль включає слабко виражені фруктові та рослинні нотки, що нагадують квітковий пилок, сіно, незрілі томати та абрикоси.

З гастрономічної точки зору соняшниковий мед широко використовується як натуральний підсолоджувач у кулінарії, зокрема, для виготовлення кондитерських виробів, додавання у гарячі напої та десерти. Завдяки гармонійній сумісності з кисломолочними продуктами, він часто застосовується у поєднанні з йогуртом. За результатами недавніх досліджень, проведених у США, соняшниковий мед виявився одним із найкращих джерел амінокислот, необхідних для біосинтезу білків в організмі людини, що підтверджує його високу нутриціологічну цінність.

Мед соняшнику має більшу ферментативної активністю серед світлих сортів, характеризується низьким вмістом сахарози і високим – редукуючих цукрів, а також вітамінів РР і Е. Відмінний імунозміцнюючий і протизастудний натуральний засіб! Мед соняшнику легко відрізнити від інших сортів за характерним тепло золотисто-жовтим кольором. Він володіє тонким приємним ароматом і справді унікальними цілющими властивостями, головним з яких є його здатність активно виводити з організму токсини і шлаки. Ця властивість соняшникового меду була давно помічена народною медициною і сьогодні

широко використовується при лікуванні гепатитів і цирозу печінки. При цих захворюваннях рекомендується не тільки їсти мед з соняшнику, а й робити на його основі компреси на область печінки. Унікальні корисні властивості меду з соняшнику обумовлені тим, що серед інших різновидів саме він містить рекордну кількість глюкози. При кристалізації на натуральному соняшниковому меді утворюється білувата тверда скоринка: вона складається з чистої глюкози і являє собою не тільки вишукані ласощі, але і відмінний лікувально-профілактичний засіб широкого спектру дії. Глюкоза з цього сорту меду засвоюється організмом швидко і повною мірою, забезпечуючи прекрасну роботу серця – соняшниковий мед неймовірно корисний для серцевого м'яза. При цьому цукру в ньому вкрай мало (близько 3%), а вміст цінних вітамінів Е і РР досить високе.

Ще одне важливе використання такого меду – як дієвого сечогінного, що знижує ймовірність утворення набряків. Мед з соняшнику зміцнює стінки судин, покращує функціонування печінки, він рекомендується хворим з атеросклерозом, шлунково-кишковими коліками, остеохондрозом і для загального оздоровлення. Існують дослідження, які доводять ефективність цього меду в боротьбі з артритом і онкологічними захворюваннями на їх початкових стадіях. Цей продукт бджільництва помітно покращує процеси кровотворення в селезінці, завдяки чому організм швидше оновлюється на клітинному рівні. Систематичне вживання лікувальних порцій соняшникової меду необхідно літнім людям, оскільки з його допомогою долається чимало вікових недуг, у числі яких такі серйозні хвороби як остеопороз і атеросклероз. Соняшниковий мед – рекордсмен за вмістом цінного біологічно активного квіткового пилку, що володіє сильними антиоксидантними властивостями. *Albu et al. (2022)* оцінили загальний вміст фенолів та флавоноїдів у 28 зразках румунського необробленого монофлорного меду (акація, липа, ріпаковий, соняшниковий та м'ятний) і встановити їх кореляцію з кількома якісними параметрами. Тест Пірсона виявив сильну позитивну кореляцію між загальним вмістом фенолів та загальним вмістом флавоноїдів (r = 0,76) та інтенсивністю кольору (r = 0,72). Щодо загального вмісту флавоноїдів, кореляції були сильно позитивними з інтенсивністю кольору (r = 0,81), вмістом золи (r = 0,76) та електропровідністю (r = 0,73). Відповідні рівні поліфенолів та флавоноїдів, виявлені в аналізованих видах меду, демонструють його антиоксидантний потенціал, що має важливі поживні та саногенні властивості для харчування людини.

При неврологічних захворюваннях теж необхідно вживати в їжу соняшниковий мед. Встановлено *(Медова Полтава, 2025)*, що мед соняшниковий відрізняють не тільки зовнішні характеристики, а й спектр цілющих властивостей. Одне з найпопулярніших його призначень – відновлення після операцій або важких травм. За рахунок високого вмісту глюкози мед швидше за інші сорти допомагає набрати масу тіла. Крім того, він поліпшує апетит і фізичне самопочуття.

Соняшниковий мед – один із поширених сортів для апітерапії за допомогою продуктів бджільництва – характеризується комплексним біологічним впливом на фізіологічні системи організму людини. Завдяки багатому складу, він сприяє зміцненню імунної функції, підвищенню тонусу, витривалості та загальної резистентності організму. Позитивний вплив меду поширюється на репродуктивну систему, зокрема через підтримку гормонального балансу, фертильності та якості сперми, а також на шлунково-кишковий тракт шляхом стимуляції апетиту, нормалізації травлення та гепатотропної активності. Застосування меду позитивно позначається на функції дихальної системи завдяки протизапальним і муколітичним властивостям, а також на нервову систему, проявляючи седативний ефект. Кардіопротекторна дія реалізується через нормалізацію артеріального тиску, зміцнення судинної стінки та покращення гемопоезу. При зовнішньому застосуванні мед виявляє дерматотропну активність, сприяючи регенерації тканин, усуненню запальних елементів і покращенню еластичності шкіри, що дозволяє використовувати його в косметичних рецептурах із лімфодренажним ефектом.

Постійний високий товарний попит на мед є однією з причин його ретельного дослідження та встановлення критеріїв виявлення монофлорного меду з соняшника. На

прикладі зразків соняшникового меду з різних регіонів України, зібраних в 2021 році і представлених як монофлорний мед з соняшника, складається цілісна характеристика продукту, який різниться за багатьма показниками, але разом з тим відповідає вимогам за показниками якості відповідно до Вимог до якості меду. Зразки до початку дослідження зберігали далі від сонячного світла при кімнатній температурі. Відбір проб меду здійснювали згідно ДСТУ 4497: 2005 «Мед натуральний. Технічні умови» *(ДСТУ 4497:2005, 2007).*

Аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників здійснювали згідно ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови» *(ДСТУ 4497:2005, 2007).* Визначали органолептичні показники (консистенцію, смак, аромат, кристалізацію), масову частку води, діастазну активність, масову частку відновлювальних цукрів та сахарози, кислотність, вміст проліну, електропровідність. Для цього використовували обладнання: спектрофотометр ULAB-102 (UNICO, Китай), рефрактометр RBH-90 ATC (Китай, KHP), кондуктометр HI 98303DiST 3 (HANNA Instruments, made in Mauritius), центрифуга MPW-251 (Польща), баня водяна Labexpert (Україна), ваги електронні AXIS (Польща). Дослідження на співвідношення кількості фруктози до глюкози проводили за загальноприйнятими міжнародними методами за допомогою тест систем D-Glucose/D-Fructose UV method (r-Biopharm, Germany). Визначення видового складу пилкових зерен здійснювали мікроскопічним методом. Ідентифікація пилкових зерен медоносів проводилася за допомогою атласу та використовували електроні бази данні пилку [Pal dat] Ідентифікацію проводили з використанням мікроскопу PZO Warszawa (Польща). Отримані дані обробляли статистично з використанням програми «Microsoft Excel 15,0» для обчислення середнього арифметичного (M) та стандартної похибки (m).

Проаналізовано 165 зразків соняшникового меду з різних областей України. Встановлено критерії оцінювання монофлорного соняшникового меду в Україні. Ступінь монофлорності соняшникового меду може становити від 45,0% до 89,0%, у середньому 64,5%. Вторинним пилком переважно є пилок родини бобових (горошок мишачий *(Vicia spp.),* конюшини *(Trifolium spp.)*, пилкові зерна родини хрестоцвіті *(Cruciferae),* золотарнику звичайного *(Solidago virgaurea L.).* За органолептичними показниками мед з соняшника володіє слабко вираженим ароматом квітів соняшника, має колір від світло-жовтого до темно-жовтого відтінків, консистенцію залежно від пори року (рідка, в'язка, дуже в'язка, щільна). За фізико-хімічними показниками: вологість – 18,5%, пролін – 233,38±53,76 мг/кг, електропровідність – 0,35±0,04 Мс/см, співвідношення фруктози до глюкози – 1,12±0,07, діастаза 18,55±2,97 од. Готе, вміст відновлювальних цукрів – 87,72±1,96%, сахарози в межах 0,6–4,2%, з середнім показником 2,91±0,81%. З огляду на те, що бджоли збирають нектар з багатьох медоносних рослин, отримання чистого монофлорного меду є доволі рідкісним явищем. Саме тому, завдяки характерним органолептичним і фармакологічним властивостям, такий мед має вищу цінність порівняно з поліфлорними сортами.

Мелісопалінологія – це найпоширеніший метод визначення ботанічного та географічного походження меду, який нині залишається єдиним, що дає змогу безпосередньо встановити його рослинне походження. На відміну від фізико-хімічних параметрів, які надають кількісну оцінку й лише побічно характеризують медові суміші, мелісопалінологічний аналіз ґрунтується на мікроскопічному вивченні пилкових зерен з метою ідентифікації рослин, з яких бджоли збирали нектар. Цей підхід вважається класичним інструментом для визначення моно- або поліфлорності меду.

Для виявлення критеріїв за органолептичними та фізико-хімічними показниками якості ми пропонуємо проводити оцінку монофлорного меду з соняшника поетапно. За результатами органолептичних досліджень, що належать до першого етапу, виявлено, що із наданих 165 зразків «меду з соняшника» за кольором усі зразки відповідають його типовим характеристикам, за консистенцією – 157 зразків (у 8 зразках протягом 3 місяців консистенція була рідка), на смак – 122 зразки. Результати оцінювання соняшникового меду вимогам національного стандарту наведено у табл. 5.4.

Таблиця 5.4. Органолептична оцінка зразків меду з соняшника

Усього зразків	Відповідність меду з соняшника, %		
	за кольором	за консистенцією	за смаком
165 (100%)	100	95	73

Отримані результати показують відповідність за органолептичними ознаками типовим характеристикам досліджуваного меду (від 73 до 100 %), що обґрунтовує можливість їх використання в якості критеріїв оцінки монофлорності меду з соняшника. Підтверджує ботанічну приналежність меду мелісопалінологічний аналіз, тому він також був проведений на першому етапі. Для меду, такого як соняшник, малина, ріпак і м'ята, основний пилок повинен становити не менше 45% від загальної кількості пилкових зерен. При дослідженні 165 зразків меду, які надходили до лабораторії, як мед з соняшника було встановлено, що у 86 досліджених зразках частка пилкових зерен соняшника була 45% і більше. А саме, варіювала у діапазоні від 45,0% до 89, %, у середньому становила 64,5%. 52% зразків були ідентифіковані як мед з різнотрав'я.

Наші дослідження показали, що у 6 зразках меду з соняшника вторинним (13,2–33%) трапляється пилок родини бобових (горошок мишачий (*Vicia spp*.) – 13,2–17,6%, конюшина (*Trifolium spp.*) – 19,4–33,0%, у 2 зразках пилкові зерна родини хрестоцвітих *(Cruciferae)* – 15,5%, в 9 зразках були виявлені пилкові зерна золотарнику звичайного *(Solidago virgaurea* L.*)* – 27,8–36,3%.

У 12 зразках меду з соняшника були ідентифіковані важливі вторинні пилкові зерна (4,0–15,6%): гречки посівної (*Fagopyrum esculentum*) – 5,4–14,3%, тому ці зразки не відповідали за смаком. У 8 зразках меду з соняшника пилкові зерна верби *(Salix spp.)* – 12,4–21,3%, аморфи кущової *(Amorpha fruticosa* L.*)* – 5,6–8,9% та білої акації *(Robinia pseudaacacia* L.) – 4,4–7,3%. Ці зразки меду не відповідали за консистенцією. У 23 зразках меду були виявлені пилкові зерна конюшини повзучої *(Trifolium repens* L.*)* – 17,4%, буркуну білого (*Melilotus albus*) – 7,8–11,8%, глухої кропиви білої *(Lamium album* L.*)* – 7,8–11,8%. При дослідженні 11 зразків меду з соняшнику виявлені пилкові зерна гірчиці польової *(Sinapis arvensis L.)* – 8,3–10,7%, липи *(Tilia cordata Mill.)* – 5,8–7,8 %, чини лугової *(Lathyrus sylvestris L)* – 4,3–6,7%, еспарцету *(Onobrychis arenaria)* – 6,7–16,8%. При подальшому дослідженні у роботі були використані 86 зразків меду, які мали 45% і більше домінуючого пилку з соняшника.

На другому етапі було проведено дослідження специфічних, характерних лише для монофлорного меду з соняшника, фізико-хімічних показників (масова частка води, діастаза, відновлювальні цукри, сахароза, кислотність, електропровідність). Середні значення масової частки води, діастазне число, редукуючі цукри, цукроза, кислотність, вміст проліну, електропровідність, співвідношення фруктози до глюкози, наведені у табл. 5.5. Отримані значення порівнювали зі значеннями їх відповідності до вимог діючих нормативних документів.

Масова частка води в зразках меду з соняшника коливалася в межах від 16,6 до 20,0%, з середнім значенням 17,80±0,58% (табл. 5.5), що відповідає національному стандарту України та Кодексу Аліментаріус для меду *(Codex Alimentarius Commission, 2001).*

Діастазне число залежить від ботанічного походження нектару та є особливо важливим ферментом у меді. Встановлено, що у 86 зразках меду з соняшника діастазне число знаходилося в межах від 13,4 до 23,6 од. Готе, з середнім значенням 18,55±2,97 од. Готе. Співвідношення в меді цукрози та відновлювальних цукрів характеризує його зрілість, якість, відсутність домішок бурякового чи тростинового цукрів та може бути одним з показників ботанічного походження меду *(Borrás and Domenech, 2014).* Вміст відновлювальних цукрів в досліджених зразках коливався в межах від 82,8 до 91,2%, з середнім значенням 87,72±1,96%; цукрози в межах 0,6–4,2%, з середнім значенням 2,91±0,81%. Для більшості квіткового меду значення кислотності (pH) коливається у межах від 30,0 до 40,0 млекв/кг. При дослідженні 86 зразків меду з соняшника значення кислотності коливалася в межах від 9,4 до 36,7 млекв/кг, з

середнім значенням 20,33±3,60 млекв/кг. Наші дослідження 86 зразків соняшникового меду показали, що показник електропровідності коливався від 0,18 Мс/см до 0,37 Мс/см із середнім значенням 0,35± 0,04 Мс/см.

Таблиця 5.5. Фізико–хімічні показники монофлорного меду з соняшника

№	Показник	Значення	Кількість вимірювань (n)	Нормативне значення по ДСТУ
1.	Масова частка води, %	17,80 ± 0,58	86	18,5*/21,0**
2.	Діастазне число, од. Готе	18,55 ± 2,97	86	15,0*/10,0**
3.	Редукуючі цукри, %	87,72 ± 1,96	86	80,0*/70,0**
4.	Цукроза, %	2,91 ±0,81	86	3,5*/6,0**
5.	Кислотність, млекв. /кг	20,33 ± 3,60	86	40,0*/50,0**
6.	Пролін, мг/кг	233,38± 53,76	86	300,0*/300,0**
7.	Співвідношення Ф/Г	1,12 ± 0,07	25	--
8.	Електропровідність, Мс/см	0,35± 0,04	86	0,2-1,0*/0,2-1,5**

***Примітка**: * – мед вищого ґатунку,** – мед першого ґатунку.*

На заключному етапі було проведено дослідження та визначення специфічних для монофлорного меду з соняшника критеріїв, що характеризують його натуральність (пролін, співвідношення глюкози до фруктози). Відомо, що важливими критеріями оцінки якості меду є показники, які характеризують його натуральність, такі як співвідношення глюкози до фруктози та вміст проліну. Співвідношення кількості фруктози до глюкози в різних медах різниться і коливається від 0,52 до 1,60. Величина цього співвідношення залежить від хімічного складу нектару і від особливостей інвертазної активності. Чим менше це співвідношення (більше в меді глюкози), тим більша ймовірність (за різних умов) кристалізації меду. Нами досліджено 86 зразків меду з соняшника на вміст проліну та 25 зразків на співвідношення глюкози до фруктози. Отримані дані показують, що вміст проліну коливався в межах від 98,0 мг/кг до 445,0 мг/кг, середнє значення складало 233,38±53,76 мг/кг співвідношення кількості фруктози до глюкози коливалося від 0,9 до 1,24 з середнім значенням 1,12±0,07. Отримані дані свідчать про те, що співвідношення фруктози до глюкози в меді з монофлорного соняшника повинно бути не менше 0,9 при наявності пилкових понад 70%.

Колір монофлорного меду є дуже важливим для споживача та є вирішальним параметром для встановлення його якості. Колір меду залежить від його ботанічного походження. За органолептичними показниками встановлено, що мед з соняшника має колір від світло-жовтого до темно-жовтого, кристали від дрібно- до крупнозернистих, консистенцію залежносто від пори року (рідка, в’язка, дуже в’язка, щільна) зі слабко вираженим ароматом квітів соняшника.

Дуже важливим параметром в дослідженні меду є мелісопалінологічний аналіз, який підтверджує його ботанічного походження. У нашому дослідженні домінуючий пилок *Helianthus annuus* переважав у всіх 86 зразках та коливався від 45,0% до 89,0%. Дослідженнями інших авторів повідомлялося, що зразки мали близько 60% пилку *Helianthus annuus.*

Вміст води в меді характеризує його зрілість та визначає придатність для тривалого зберігання. Він залежить від таких факторів, як відносна вологість повітря, умови обробки, дозрівання і зберігання *(Комісія Codex Alimentarius, 2001).* За даними інших дослідників, вологість соняшникового меду коливалась від 17,4 до 19,8% *(Saša Milosavljević et al, 2021),* 17,76±0,96% *(Manolova et al., 2021),* 17,58±1,23% *(P. Veleva et al., 2022)*, 17,6 до 19,3% *(Ioan Mircea Pop et al., 2023).*

Діастазна активність – важливий параметр якості та натуральності меду, який значно зумовлений ботанічним та регіональним походженням меду, та може змінюватися під час

нагрівання і зберігання. Автори повідомляють, що для меду з соняшника активність діастази коливається від 15,02 до 30,69 од. Готе. За даними інших дослідників діастаза соняшникового меду коливалась від 9,0 од. Готе до 20,8 од. Готе *(Manolova et al., 2021),* діастазна активність соняшникового меду з Сербії коливалася від 14,4 до 22,7 од. Готе. У нашому дослідженні середнє значення діастазної активності меду з соняшника становило 18,55±2,97 од. Готе.

Відновлювальні цукри є основними сполуками меду. Згідно з ДСТУ 4497:2005 масова частка відновлювальних цукрів для меду першого ґатунку повинна бути не менше ніж 70,0%, для вищого гатунку не менше ніж 80,0%. Середнє значення отриманих результатів у нашому дослідженні відновлювальних цукрів становило 87,72±1,96%, що не співпадають з результатами дослідження інших авторів – 77,0 ± 3,6% *(Saša Milosavljević, 2020),* 76,15±2,60% *(Manolova et al., 2021),* 76,20±2,72% *(Veleva et al., 2022).* У нашому дослідженні вміст відновлювальних цукрів мають вищі значення порівняно з результатами інших авторів.

Кислотність меду залежить від нектару, наявності органічних кислот або виділень бджіл *(Yadata, 2014).* Також впливає на кислотність меду цукрове бродіння. Середнє значення показника кислотності меду у наших зразках складає 20,33±3,60 млекв/кг, що свідчить про відсутність бродіння у меді, та майже співпадають з показниками у межах від 17,70 млекв/кг до 36,0 млекв/кг із середнім значенням 23,73±7,23 млекв/кг *(Manolova et al., 2021).*

У цьому дослідженні значення електропровідності меду з соняшника становили 0,35±0,04 мС/см, що практично збігається з результатами інших авторів: 0,32±0,07 мС/см за даними *Manolova et al. (2021*) та 0,34±0,09 мС/см – для зразків сербського меду *(Milica et al., 2021).* Водночас, згідно з результатами *Veleva et al. (2022),* електропровідність у досліджених зразках була значно вищою – 453,50±54,36 мкСм/см, що суттєво перевищує показники, встановлені у нашому дослідженні.

За повідомленням *Manolova et al. (2021)* пролін коливається в діапазоні від 218,50 – до 679,50 мг/кг, залежно від вмісту домінуючого пилку з соняшника. У нашому дослідженні вміст проліну також коливається у широкому діапазоні від 98,0 мг/кг до 445,0 мг/кг.

Аналіз отриманих даних дозволив сформулювати науково-обґрунтовані підходи щодо оцінки якості монофлорного меду з соняшника. Оцінка якості меду повинна носити комплексний характер й виконуватися послідовно у декілька етапів. На першому етапі повинно бути визначення органолептичних показників з виділенням специфічних властивостей для монофлорного меду з соняшника: консистенція, колір, смак та проведення дослідження зразків меду з соняшника на вміст пилкових зерен. Хоча органолептичні показники є досить суб'єктивними, потребують певних навичок і практичного досвіду, все ж таки вони дозволяють зробити якісну оцінку за ознакою монофлорності меду з соняшника.

Наступним етапом оцінки монофлорного меду з соняшника є застосування методів, що характеризують фізико-хімічні властивості, кількісні показники яких підкреслюють його специфічність (вміст масової частки води, діастаза, відновлювальні цукри, сахароза, кислотність, електропровідність). Нами встановлено, що серед проаналізованих зразків меду з соняшника (рис. 5.3) діастазное число зменшується при збільшенні в меді пилкових зерен з соняшника. Доведено, що при вмістіі пилкових зерен від 25 до 30% діастазне число меду було в межах від 19,5 од. Готе до 23,6 од. Готе, а при від 42% до 70% – в межах від 15,4 до 18,5 од. Готе.

Заключним етапом дослідження меду з соняшника на монофлорність є визначення критеріїв, кількісні показники яких характеризують його натуральність (пролін, співвідношення глюкози до фруктози). Слід відмітити, що за вимогами ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови» вміст проліну у меді з соняшника має бути не менше ніж 300 мг/кг. Отримані дані показують, що всі проаналізовані параметри відповідають вимогам ДСТУ за винятком значень вмісту проліну (рис. 5.4).

Нами встановлено, що середнє значення вмісту проліну в меді з соняшника складало 233,38± 53,76 мг/кг. Варто відмітити, що при дослідженні зразків меду з соняшника, де вміст пилкових зерен був 42%, вміст проліну складав 249 мг/кг, при наявності у меді пилкових зерен

з соняшника понад 70% вміст проліну зменшився і складав 232 мг/кг, а при наявності 16% пилкових зерен вміст проліну збільшився до 431 мг/кг.

Рисунок 5.3. Активність діастази меду залежно від частки пилку соняшника, од. Готе

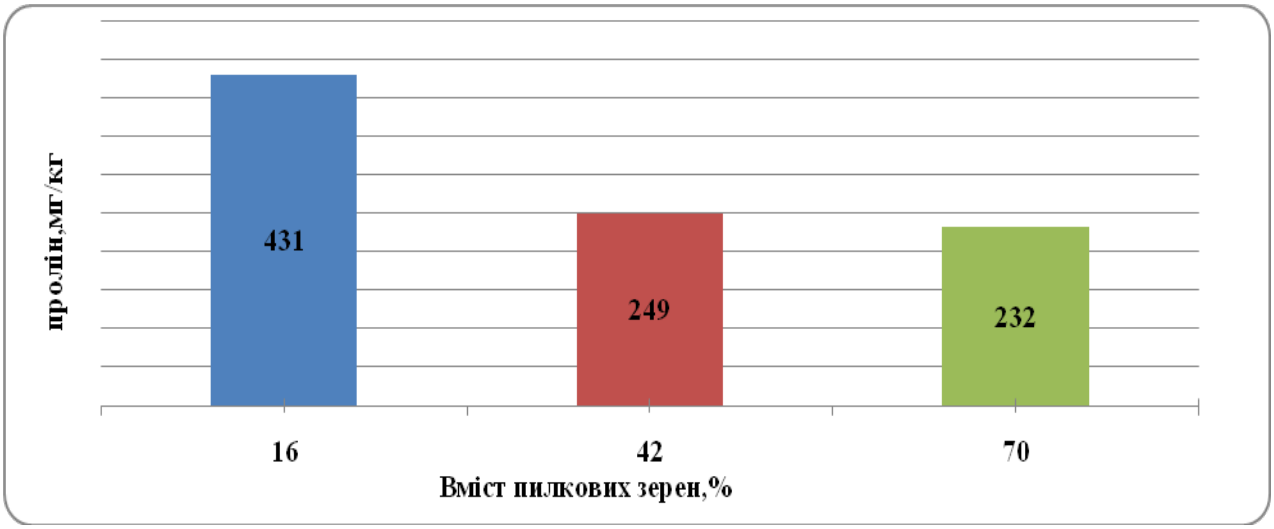


Рисунок 5.4. Залежність вмісту проліну від ступеня монофлорності соняшникового меду, мг/кг

Отримані дані показують, що значення вмісту проліну в соняшниковому меді менше, ніж вказано у національному стандарті, що обґрунтовує внесення відповідних змін до вітчизняних нормативів. Разом з тим, даний показник відповідає існуючим вимогам ЄС Codex Alimentarius Commission (2001). Тому, пропонуємо приведення показника вмісту проліну у відповідність зі світовими вимогами (вміст проліну не менше 180 мг/кг).

Таким чином, запропонований трьохетапний поглиблений аналіз показників якості меду з соняшнику дозволяє встановити критерії, що дозволяють віднести соняшниковий мед до монофлорного за такими показниками: *органолептичні* – консистенція залежносто від пори року (рідка, в'язка, дуже в'язка, щільна), колір від світло-жовтого до темно-жовтого, смак солодкий, приємний, ніжний з терпким присмаком, зі слабко вираженим ароматом квітів соняшника; *фізико-хімічні* – активність діастази 18,55±2,97 од. Готе, вміст сахарози 1,91±0,81%, відновлювальних цукрів – 87,72±1,9 %, проліну 233,38±53,76 мг/кг електропровідність – 0,35±0,04 мС/см, кислотність – 20,33±3,60 млекв/кг.

Запропонований підхід для визначення критеріїв монофлорності меду з соняшника серед усіх показників якості має важливе значення для наступних наукових досліджень та лабораторної практики. Важливим є те, що математичний аналіз отриманих експериментальних даних дозволяє побудувати моделі, які демонструють взаємозв'язки

показників якості і їх пріоритетність (*Tasić et al., 2024).* Це дослідження надає уявлення про визначні зразки меду, зібрані протягом шести років з регіонів Республіки Сербія. Було проаналізовано поліфлорний мед (302 зразки), падевий мед (29 зразків), монофлорний мед (8 зразків), акацієвий мед (213 зразків), липовий мед (34 зразки) та соняшниковий мед (23 зразки). Було помічено, що середні значення більшості фізико-хімічних параметрів (глюкоза, фруктоза, вміст сахарози, рівень 5-ГМФ, кислотність та електропровідність) значно відрізнялися між різними видами меду, роками та регіонами. Таким чином, статистика забезпечила хорошу диференціацію між зразками меду з точки зору їх ботанічного походження, географічного походження та року збору врожаю. *Albu et al. (2021)* довели, що кореляційний аналіз Пірсона показав інтенсивний зв'язок зольності з електропровідністю (r=0,81). Наші результати показують якісний рівень румунського меду та варіацію параметрів якості під впливом таких факторів, як географічний регіон, кліматичні умови, ботанічне походження та умови поводження або зберігання.

Veleva et al. (2022) створили регресійні моделі, що визначають зв'язки між фізико-хімічними параметрами бджолиного меду та його типом. У дослідженні було використано 89 зразків бджолиного меду (акацієвий, коріандровий, липовий, ріпаковий, соняшниковий та поліфлорний), зібраних з різних регіонів Болгарії. Були сформовані такі групи, як монофлорний мед – 59 шт. (акація – 12, коріандр – 12, липовий – 12, ріпаковий – 11, соняшниковий – 12); поліфлорний мед – 30 шт. Були досліджені такі параметри: глюкоза (%), фруктоза (%) та сахароза (%) – за допомогою високоефективної рідинної хроматографії; показник заломлення та вміст води (%) за допомогою рефрактометра ABBE; електропровідність (мкСм/см) за допомогою кондуктометра з коміркою електропровідності; активна кислотність (pH) за допомогою pH-метра. На основі отриманих результатів щодо вмісту глюкози та фруктози у зразках меду було розраховано кількість глюкози + фруктози відповідно до додатка до ст. 7 Постанови про вимоги до бджолиного меду для споживання людиною (Постанова Ради Міністрів № 196, Болгарія).

Були визначені такі параметри: вміст води (ВВ); вміст фруктози (Ф), глюкози (Г), електропровідність (ЕП), показник заломлення (ПЗ) та pH. Для всіх досліджуваних видів бджолиного меду виявлено помірну або сильну негативну кореляцію між ВВ та ПЗ. У зразках липового, коріандрового та багатоквіткового меду спостерігалася позитивна, але різна за силою кореляція – від слабкої до помірної кореляції між pH та ЕП. Аналіз зразків з акацієвим медом показав відмінності в силі та напрямку: липового та багатоквіткового меду з точки зору кореляцій між pH та загальним вмістом F + G; липового, ріпакового та соняшникового меду в кореляціях між F+G та RI, а також між WC та F + G. Загальні лінійні моделі (1–5) були складені на основі зав'язків між розглянутими фізико-хімічними параметрами та різними видами меду, що дозволить подальшу оцінку досліджуваних параметрів (*Mircea et al., 2023*).

Milica et al. (2021) дослідили 15 зразків соняшникового меду, зібраних з кількох місцевостей у Воєводині, Республіка Сербія, за п'ятьма фізико-хімічними параметрами (вміст води, електропровідність, загальна кислотність (pH), масова частка золи та концентрація вільних кислот). Середні значення аналізованих медів становили: вміст води 16,87%; концентрація вільних кислот 27,43 мЕк/кг; електропровідність 0,34 мСм/см; pH 3,64. Вибрані фізико-хімічні характеристики всіх зразків меду з Сербії, проаналізованих у цьому дослідженні, можна вважати такими, що знаходяться в межах параметрів, очікуваних для соняшникового меду загалом. Значення масової частки золи, електропровідності та концентрації вільних кислот у всіх зразках соняшникового меду показали подібні тенденції. Було встановлено високу кореляцію між електропровідністю та масовою часткою золи. Статистично значуща різниця при $p \leq 0,05$ ($p=0,017$) була встановлена лише для середніх значень концентрації вільних кислот між зразками меду, зібраними з місцевостей Каньїжа та Челарево. Було встановлено, що всі аналізовані меди відповідають національному та європейському законодавству за всіма досліджуваними параметрами.

Mircea et al. (2022) оцінили деякі фізико-хімічні параметри, що визначають якість (вологість, питома вага, pH, вільна кислотність, зольність, електропровідність, загальний вміст

фенолів та загальний вміст флавоноїдів, K, Ca, Mg, Na та P) семи румунських монофлорних медів (липового, акацієвого, ріпакового, соняшникового, м'ятного, малинового та каштанового), зібраних у 2017 році. Досліджувані параметри якості переважно знаходяться в межах рекомендованих значень, встановлених стандартами для меду. Аналізи зразків вказують на наявність антиоксидантів, таких як TPC (17,9–73,2 мг GAE/100 г) та TFC (0,84–4,81 мг QE/100 г), а також високої кількості K (101–1462 мг кг−1), Ca (58,3–167,5 мг кг−1), Mg (24,8–330,6 мг кг−1), Na (94,5–233,3 мг кг−1) та P (34,1–137,2 мг кг−1). Кореляції Пірсона між деякими параметрами (такими як колір/TFC, колір/Mg, колір/P, EC/Зольність, мм Pfund/TFC, TPC/TFC, K/Зольність, P/Mg), разом зі статистикою PCA, HCA та ANOVA, виділяють три основні фактори, що пояснюють мінливість набору даних і можуть бути пов’язані зі стабільністю, мінеральним складом та внеском кольору/антиоксидантів. ІЧ-спектри з перетворенням Фур’є підтверджують справжність усіх монофлорних медів. Результати та обробка даних підтверджують вплив елементів навколишнього середовища (ґрунту, води, повітря) на склад меду та підкреслюють якість меду як повноцінного харчового та терапевтичного продукту.

Важливо досліджувати і показники безпечності меду, наявність контамінантів, що погіршують якість меду. В роботі *Разанова та ін. (2022)* представлені дослідження переходу ^{137}Cs у сільськогосподарські культури (соняшник) та продукти бджільництва (мед, бджолине обніжжя) для рекультивації радіоактивно забруднених ґрунтів. Доведено, що якість продукції бджільництва залежить від екологічного стану земель. Внаслідок аварії у 1986 р. на Чорнобильській атомній електростанції землі зазнали високого техногенного впливу, зокрема, деякі райони Полісся. Це призвело до певного накопичення ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах бджільництва. Автори вивчали вплив рекультивації забруднених ґрунтів, зокрема, у Народицькому районі Житомирської області України з вмістом ^{137}Cs до 5 Кі/м^2 з різною кислотністю, на інтенсивність накопичення цього радіонукліда в меді та бджолиному пилку, що виробляється бджолами з нектару та пилку соняшнику. Було виявлено, що питома активність ^{137}Cs у меді та бджолиному пилку, що виробляються бджолами з нектару та пилку соняшнику, вирощеного на сільськогосподарських угіддях із вмістом цього радіонукліда в ґрунтах від 2824 Бк/кг до 2665 Бк/кг, що не перевищує DR-2006 200 Бк/кг. Рекультивація радіоактивно забруднених ґрунтів з гідролітичною кислотністю від 1,6 мг до 2,4 мг-екв/100 г ґрунту, зокрема, внесення в них дефікаційного мулу з розрахунку 4 т/га до 6 т/га, знизила питому активність та коефіцієнт накопичення ^{137}Cs у вегетативній масі соняшнику, меді та бджолиному обніжжі, що виробляються бджолами з нектару та пилку цієї рослини.

Скрипка та ін. (2021) провели моніторинг відповідності якості та безпечності соняшникового меду вимогам національного стандарту і встановили, що мед в торгівельній мережі відповідає показникам, встановленим нормативними документами.

Україна є найбільшим виробником та експортером соняшнику у світі. Українські виробники меду залежать від соняшника для отримання нектару. Україна є найбільшим у світі виробником насіння соняшнику з 2008 року, виробляючи близько третини світової соняшникової олії. Разом з тим виробництво соняшникового меду в Україні відбувається у північних та південних регіонах країни. Експорт меду постраждав після пандемії, і саме коли він почав відновлюватися, вторгнення росії в Україну знову призвело до зменшення експорту меду. Зі зменшенням посівів соняшнику зменшуватиметься виробництво та експорт меду. Основними регіонами, які постраждають від зменшення постачання меду з України, є ЄС та США. У 2021 та 2024 роках Україна була експортером меду номер один до ЄС. Поряд з тим, бджолярі в Україні стикаються з численними перешкодами до збільшення рівня виробництва, з яких насамперед – російсько-українська війна.

Деякі автори також вказують, що кількість виробленого меду буде зменшуватися, ніж у попередні роки. *(Rodriguez, 2024)*. Також ми спостерігаємо невдалий сезон 2025 року.

5.5. Пилковий профіль та показники якості липового меду

Людмила Лазарєва, Лариса Акименко, Володимир Постоєнко

Липа є чудовим медоносом, валова частка меду з якої інколи сягає до 10% у загальному виробництві. Липа серцелиста (*Tilia cordata Mill.*) – рослина родини липових, що сягає до 25 м, квітує у червні та липні, медопродуктивність складає до 1000 кг/га. Липа широколиста (*Tilia platyphyllos Scop*.) заввишки до 35 м, квітує в червні, нектаропродуктивність сягає до 400 кг/га. Ці показники є передумовою значних об'ємів даного виду продукції на внутрішньому ринку України та його експорту.

Разом з тим мед з липи був і залишається улюбленим традиційним вибором споживача. Його специфічний приємний смак і своєрідний ніжний аромат, що обумовлений наявністю характерних летких органічних речовин, приваблює і запам'ятовується надовго. Відомо, що натуральний мед, отриманий з липи, містить 36% глюкози, 40% фруктози, 5–8% мальтози. Крім того у складі меду з липи значна кількість фізіологічно активних і корисних для організму людини речовин. Липовий мед містить слідові кількості вітамінів, макроелементів, мінералів та кислот. Загалом він складається з понад 400 речовин та сполук. Порівняно з іншими видами меду, він містить більше вітамінів групи В, а також вітамін С, біотин та ніацин. Розподіл мінералів, таких як кальцій, магній, калій та цинк, майже ідентичний розподілу в організмі людини, що робить їх легко засвоюваними.

Липовий мед є одним з найперших і найкращих високоякісних сортів, що володіють цілим спектром цінних і корисних властивостей, які несуть безперечну користь для людського організму. Саме липовий нектар надає більш потужний лікувальний ефект у випадку з простудними та іншими запальними захворюваннями. Це пояснюється підвищеним вмістом в складі продукту корисних ферментів (діастаз, пероксидаз, каталаз, інвертаза, ліпаз), а також вітамінів групи В, К, Е. Вони надають антибактеріальний, протизапальний, жарознижувальний ефект, а також підвищують імунітет.

Біологічну цінність і смакові якості визначає присутність незамінних амінокислот. Це аргінін, гістидин, лейцин, лізин тощо. Аргінін бере активну участь в білковому обміні речовин організму, гістидин є складовою частиною білка гемоглобіну, основного переносника кисню, лізин сприяє росту людини, а метіонін незамінний при жировому обміні. Амінокислоти необхідні для безперебійної діяльності нервової системи. Важко знайти більш корисний і, водночас, такий смачний продукт. Липовий мед, ціна якого набагато нижча від цінності, має широкий спектр застосування. Його в першу чергу використовують при застуді як потогінний засіб. Так само він має загальнозміцнювальний ефект і вважається відмінним продуктом для серця. Крім цього липовий мед широко використовується при лікуванні ангіни, нежиті, ларингіту. Мед в суміші з лимоном допоможе подолати прийдешній ГРЗ, а разом з чаєм стане в пригоді при лікуванні печінки та жовчного міхура, зніме запалення шлунково-кишкового тракту. При зовнішньому застосуванні допоможе лікувати гнійні висипання на шкірі, екзему, опіки *(Липовий мед: секрети цілющих властивостей, 2024; Golden Elixir Revealed: Unraveling the Amazing Benefits of Linden, 2024).*

Липовий мед багатий на мальтозу, її міститься близько 6–8%, утворюється під час дозрівання продукту. Це надає йому благотворного впливу на травну систему. Також, порівняно з іншими медами, він містить велику кількість вітамінів, особливо вітамін В (В1, В2, В5, В6), Н, РР, С, токоферол, нікотинову кислоту. Липовий мед містить понад 40 різних мікро- та макронутрієнтів, таких як: калій, кальцій, сірка, мідь, йод, алюміній, нікель, фосфор, хлор, магній, марганець, цинк, кобальт тощо. Мінерали містяться в тій самій концентрації, що й у крові людини, що дозволяє їм швидко засвоюватися організмом. Серед органічних та неорганічних кислот, які містяться у липовому меді глюконова, лимонна, молочна, яблучна, винна, ліноленова, щавлева, бурштинова, соляна та фосфорна.

Антибактеріальна активність липового меду, виробленого польськими виробниками, була досліджена на предмет інгібуючої дії проти грампозитивних і грамнегативних штамів. Зокрема, встановлено активність проти *Staphylococcus aureus subsp. aureus Rosenbach*

ATCC®25923™, *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula ATCC®27853™ та *Escherichia coli* (Migula) *Castellani et Chalmers* ATCC®25922™. Результати дослідження показали, що всі зразки натурального липового меду проявили помірну антибактеріальну активність проти вказаних штамів. Найчутливішим до дії меду виявився штам *Staphylococcus aureus* subsp. aureus, за ним – *Escherichia coli.* Водночас *Pseudomonas aeruginosa* проявив стійкість до всіх досліджених зразків меду *(Tkaczenko et al., 2023).*

Антибактеріальну активність меду оцінювали in vitro за методом агар-дифузійних тестів та визначення мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) *(Sakač et al., 2022).* Серед досліджуваних бактеріальних штамів встановлено такий порядок стійкості: Escherichia coli > *Escherichia coli ATCC 8739 > Enterococcus faecalis > Proteus mirabilis > Staphylococcus aureus > Staphylococcus epidermidis*. Найвищу антибактеріальну активність продемонстрували зразки липового меду з Фрушка-Гори (МІК – 3,12% для *Staphylococcus aureu*s та 6,25% для *Staphylococcus epidermidis*) та фацелієвого меду (відповідно 6,25% і 3,12%). Антипроліферативну активність визначали за допомогою колориметричного аналізу з використанням сульфородаміну В (SRB). Найвищі показники антипроліферативної дії виявлені у зразка липового меду №1 (IC_{50} для ліній MCF-7 – 7,46±1,18 мг/мл, HeLa – 12,4±2,00 мг/мл) та у зразка лугового меду №2 (IC_{50} для MCF-7 – 12,0±0,57 мг/мл, HeLa – 16,9±1,54 мг/мл, HT-29 – 23,7±1,33 мг/мл). Встановлено, що біологічну активність зумовлюють не лише цукри, а й інші біоактивні компоненти, що сприяють гальмуванню проліферації ракових клітин.

Hulea et al. (2022) встановили, що антимікробна ефективність меду зменшується у такій послідовності: мед манука (MH) > ріпаковий мед із родини капустяних (BH) > акацієвий мед (AH) > липовий мед (LH). *Zou et al. (2022)* показали, що для нормалізації функціонування шлунково-кишкового тракту важливим є скорочення тривалості діареї. Згідно з даними NCBI, вживання сирого меду знижує тяжкість і тривалість діарейного синдрому. Мед також здатен запобігати кислотному рефлюксу. Дослідження показали, що, покриваючи слизову оболонку стравоходу та шлунка, мед може зменшувати висхідний потік неперетравленої їжі та шлункової кислоти. У боротьбі з інфекціями мед проявляє антимікробну дію. Зокрема, у 2010 році вчені повідомили, що завдяки наявності білка дефензину-1 мед здатен знищувати патогенні бактерії. Крім того, доведено, що мед ефективний для полегшення симптомів застуди та кашлю. Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує мед як натуральний засіб від кашлю. Високоякісний сирий мед є джерелом антиоксидантів, зокрема фенольних сполук, флавоноїдів та органічних кислот, що зумовлює його значну біологічну активність.

Фенольні кислоти та флавоноїди пов'язані з користю меду для здоров'я та можуть служити маркерами для розрізнення типів меду *(Farkas, 2023).* Це дослідження мало на меті визначити фенольний профіль чотирьох угорських однофлоральних медів, які раніше не аналізувалися. Після перевірки їхнього ботанічного походження за допомогою мелісопалінологічного аналізу, загальну відновлювальну здатність було визначено методом Фолін-Чокальто, а фенольний склад було проаналізовано за допомогою BEPX-DAD-MS. З 25 досліджених фенольних речовин пінобанксин був найбільш поширеним, за ним ішли хризин, п-гідроксибензойна кислота та галангін. Кверцетин та п-сирингальдегід були виявлені лише в акацієвому меді, який містив вищий рівень хризину та гесперетину порівняно з трьома іншими медами. Мед з молочаю та липи демонстрував вищий рівень кавової, хлорогенової, ферулової та п-кумарової кислот порівняно з акацієвим та золотарним медами. Таксифолін може служити унікальною маркерною сполукою меду з ваточника. Мед із золотарника містив найвищий рівень сирингової кислоти. Аналіз головних компонентів підтвердив індикаторну роль поліфенолів в ідентифікації меду, чітко розрізняючи чотири уніфлоральні види меду. Наші результати свідчать про те, що фенольні профілі можуть бути корисними для пошуку маркерів квіткового походження меду, але географічне походження може сильно впливати на склад характерних сполук.

Мед може сприяти зниженню рівня тригліцеридів у крові. Високий рівень тригліцеридів пов'язаний з інсулінорезистентністю і вважається одним із ключових чинників розвитку

цукрового діабету 2 типу. Результати численних досліджень свідчать про те, що регулярне споживання меду, особливо як альтернативи рафінованому цукру, може сприяти зниженню рівня тригліцеридів. Липовий мед відзначається підвищеним вмістом вітамінів і мінералів. Зокрема, у ньому вищий рівень вітамінів групи В, вітаміну С, біотину та ніацину порівняно з багатьма іншими видами меду. Лікувальні властивості липового меду охоплюють широкий спектр. Його застосовують для полегшення дерматитів, загоєння опіків і усунення шкірних висипань. Завдяки вмісту аргініну він може нормалізувати обмін речовин; гістидин сприяє підвищенню рівня гемоглобіну, а лізин і метіонін беруть участь у зменшенні жирових відкладень. Липовий мед містить також ряд ферментів, що робить його корисним для підтримки функції підшлункової залози. Він вважається одним із м'яких натуральних проносних засобів. Особливу цінність липового меду становлять його седативні властивості. Він сприяє зниженню стресу, заспокоєнню нервової системи, покращенню обміну речовин і якості сну. Деякі джерела зазначають його ефективність у разі мігрені та при симптомах маститу, особливо у формі далекосхідного липового меду. Втім, існують і протипоказання. Липовий мед не рекомендується особам із підвищеною чутливістю до пилку, оскільки можливі алергічні реакції, включаючи бронхіальну астму. Також його слід уникати людям з порушенням вуглеводного обміну та підвищеним рівнем глюкози в крові. На смак липовий мед – солодкий, з пряними та злегка гіркими нотками. У сирому, необробленому вигляді він зберігає всі свої цінні біологічні властивості. На відміну від промислово обробленого меду, який зазвичай піддається тонкій фільтрації й пастеризації, сирий мед не втрачає біоактивні компоненти. Обробка меду може знижувати вміст антиоксидантів на 30 % або більше (What Is Linden Honey and Where Does It Come From, 2025).

Хімічний склад липового меду (на 100 г продукту) становить: фруктоза – 36,2 г, глюкоза – 33,9 г, вода – 16,8 г, тураноза – 1,9 г, ізомальтоза – 1,0 г, трегалоза – 0,6 г. До складу також входять вітаміни: B_1, B_2, B_5, B_6, С, біотин, токоферол і ніацин. Мінеральний склад представлений макро- та мікроелементами, такими як калій, кальцій, сірка, мідь, йод, алюміній, нікель, фосфор, хлор, магній, марганець, цинк і кобальт. Серед органічних та неорганічних кислот виявлені: глюконова, лимонна, молочна, яблучна, винна, ліноленова, щавлева, бурштинова, хлоридна та фосфорна кислоти. Забарвлення липового меду залежить від пігментації нектарної бази рослин, з яких бджоли збирають нектар, а також від погодних умов (посухи, надмірних опадів) і можливого використання штучної підгодівлі. Саме тому липовий мед може варіюватися за кольором – від білого й світло-бурштинового до темно-жовтого відтінку. Після кристалізації мед набуває крупнозернистої структури й майже білого кольору. У свіжому стані він зазвичай прозорий, з легким зеленуватим відтінком, який з часом змінюється до бурштинового. Кристалізація відбувається досить швидко – приблизно протягом чотирьох місяців, що зумовлено високим співвідношенням глюкози до фруктози. Хоча липовий мед належить до світлих сортів, його смак і аромат доволі насичені. Дехто відзначає, що спочатку відчувається деревний аромат, який поступово змінюється м'ятно-ментоловими нотками. Смак – солодкий, пряний, із легкою гірчинкою. Особливо цінується у споживачів якісний монофлорний мед. За органолептичними показниками монофлорний мед з липи повинен відповідати характеристикам, зазначеним у табл. 5.6.

Таблиця 5.6. Органолептичні показники монофлорного липового меду

Назва показника	Характеристика меду липи
Колір	від білого до світло-жовтого
Смак	солодкий, приємний, подразнює слизову оболонку ротової порожнини
Аромат	специфічний, приємний, володіє слабким ароматом квітів з липи
Консистенція	рідка, в'язка, дуже в'язка (залежно від пори року)
Кристалізація	від дрібнозернистої до крупнозернистої
Ознаки бродіння	не допускаються
Механічні домішки	не допускаються

За фізико-хімічними показниками мед натуральний повинен відповідати нормам, зазначеним у табл. 5.7.

Таблиця 5.7. Фізико-хімічні показники монофлорного липового меду

Назва показника	Значення
Видовий склад пилкових зерен, %, не менше	30
Масова частка води, %, не більше	20,0
Масова частка відновлюючих цукрів, %, не менше	80,0
Масова частка сахарози(до безводної речовини), %, не більше ніж	6,0
Діастазне число (до безводної речовини), од. Готе, не менше	11,0
Кислотність, міліеквіваленти гідроокису натрію (0,1 моль/дм^3) на 1 кг,	5,0–25,0
Вміст проліну, мг на 1 кг,не менше	300,0
Електропровідність, мС/см	0,56–0,63
Співвідношення фруктоза/глюкоза, не менше	1,2

Численні дослідження липового меду, проведені як в Україні, так і за її межами, підтверджують, що він є одним із найцінніших сортів меду. Липовий мед характеризується інтенсивним і приємним ароматом, а також специфічним смаком, який легко розпізнається навіть у сумішах з іншими видами меду. Колір липового меду зазвичай білий або світло-бурштиновий, рідше – жовтуватий чи із зеленуватим відтінком. Справжній липовий мед має властивість кристалізуватися: з часом втрачає прозорість, набуває густої консистенції, зберігаючи при цьому свої лікувальні властивості та смакові якості. До його складу входить значна кількість вітамінів, природних цукрів, ферментів, а також дубильні речовини. За даними фармацевтичної енциклопедії квітки липи містять містять флавоноїди (1%): акацетин-7-глюкозид (тиліанін), кемпферол, тілірозид, кверцетин, гербогастрин, рутинозид кверцетину, афцелін, кемферитрин; тритерпеноїд тараксерол, вітамін С, фенолкарбонові кислоти, проантоціанідини (1,05%), ефірну олію 0,04%, фарнезол, вуглеводні, 2-феніл-етанол, монотерпеноїди *(Державна фармакопея України 2.3, 2020).* Наявність цих сполук пояснює високу біологічну активність меду з липи, зокрема його протизапальні, антисептичні та заспокійливі властивості.

Характерні фізико-хімічні показники якості липового меду, а також аналіз його пилкового складу є важливими критеріями автентичності та придатності до використання. З метою ідентифікації меду з липи було проаналізовано 78 зразків меду різного ботанічного походження. Оскільки справжній липовий мед має світлий колір (від світло-жовтого до майже білого), подразнює слизову оболонку ротової порожнини, вирізняється специфічним смаком і ніжним ароматом квіток липи, органолептична оцінка є важливим етапом у подальшому встановленні зв’язку між основними фізико-хімічними характеристиками монофлорного меду з липи та його пилковим складом. За результатами аналізу 78 зразків меду різного ботанічного походження, частину з них було віднесено до меду з липи на основі органолептичних ознак.

Після органолептичного аналізу зразків було проведено дослідження масової частки води на відповідність вимогам чинних нормативних документів. Вологість є одним із ключових показників якості меду. Вона визначається як відсотковий вміст води в продукті й регламентується ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови». Вологість меду безпосередньо залежить від його зрілості, а також умов зберігання. Незрілий мед має підвищену вологість (понад 20%), що робить його непридатним до тривалого зберігання – такий продукт швидко псується. Зрілий мед, як правило, містить від 18 до 20% води. Надлишок вологи погіршує споживчі властивості меду, зменшує термін зберігання, може спричинити бродіння (внаслідок чого утворюється пінista маса) або надто швидке кристалізування. Таким чином, відхилення від нормативного вмісту води в меді негативно впливає на його якість. За результатами аналізу масова частка води у досліджених зразках липового меду коливалася в межах від 16,5 до 19,6%, із середнім значенням 17,8±0,2%, що відповідає вимогам національного стандарту.

Для встановлення залежності специфічних для монофлорного липового меду фізико-хімічних показників від вмісту домінуючого пилку після дослідження органолептичних показників було проведено пилковий аналіз. Визначення видового складу пилкових зерен здійснювали мікроскопічним методом. За результатами пилкового дослідження 28 зразків відповідали меду з липи – частка пилку, згідно з вимогами до меду з липи, повинна становити не менше ніж 20%. У 7 зразках меду домінуючого пилку липи було менше ніж 20%. У 28 зразках вміст пилкових зерен липи варіював у діапазоні від 20,0% до 89,0%, у середньому – 36,8%.

У 9 досліджених зразках вміст пилкових зерен з липи становив більше 40%. Під час мікроскопічного аналізу зразків меду було виявлено пилок родини бобових – конюшина *(Trifolium spp.)* – 11,2–25,0%, горошок мишачий (*Vicia cracca*) – 3,3–11,6%, пилкові зерна капустяних *(Brassicaceae)* – 6,0–15,5 %, вероніки лікарської *(Veronica officinalis)* – 2,5–4,1%, пилок родини складноцвітих *(Asteraceae/Compositae)* – 3,3–5,0% та пилкові зерна *Apiaceae/Umbelliferae* – 4,1–4,9 %. У 2 зразках були виявлені пилкові зерна кропиви дводомної *(Urtica dioica L.)* – 9,8–13,3 %, чорнокореня лікарського *(Cynoglossum officinale)* – 4,8–6,9%, синяка звичайного (*Echium vulgare* L.) – 3,6–5,9%. На рис. 5.5 подано графічне відображення видового складу пилкових зерен меду, у складі якого вміст домінуючого пилку з липи коливався від 40% і більше.

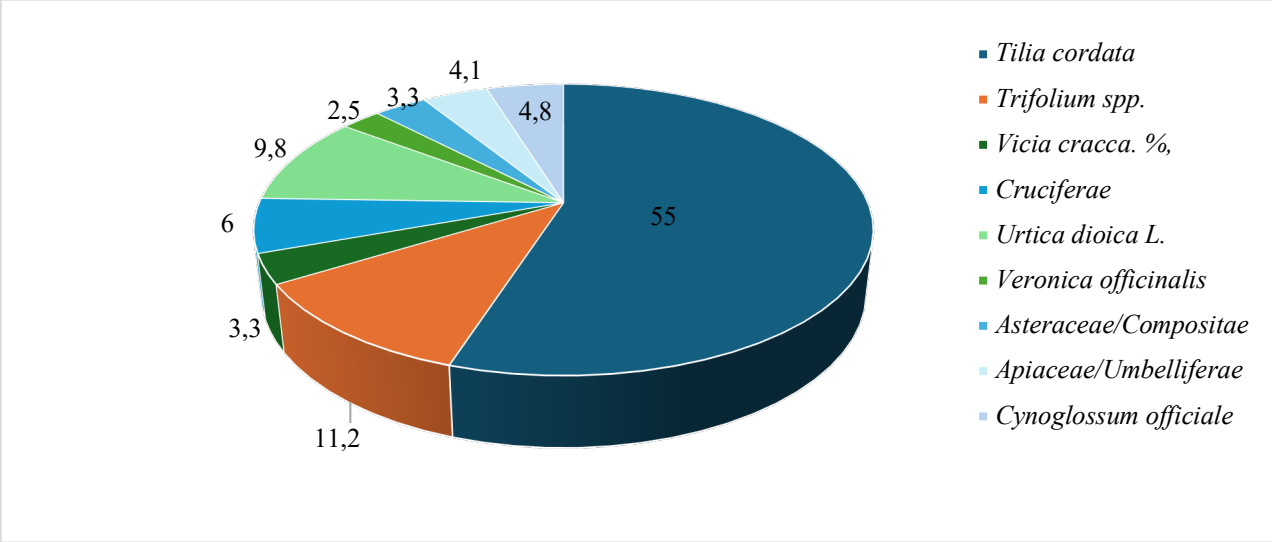


Рисунок 5.5. Видовий склад пилкових зерен липового меду

При аналізі 11 зразків, де вміст пилкових зерен з липи варіювалася у діапазоні від 30,0 до 40,0 %, були виявлені пилкові зерна мишачого горошку *(Vícia crácca)* – 6,3–8,2 %, конюшини *(Trifolium)* – 7,4–15,0 %, собачої кропиви *(Leonurus cardiaca* L.*)* – 5,3–7,8 %, кровохлібки лікарської *(Sanguisorba officinalis)* – 3,2–4,6 %, ваточника *(Asclepias)* – 3,9–5,4 %, волошки *(Centaurea cyanys)* – 6,3–7,4 %, соняшнику *(Helianthus annus)* менше <3, золотарнику *(Solidágo canadénsis)* менше <3, вероніки *(Veronica officinalis)* 3,6–6,2 %, верблюжої колючки *(Alhagi pseudoalhagi)* – 2,0–3,8 %. На рис. 5.6 надано графічне відображення видовий склад пилкових зерен меду, в складі якого вміст домінуючого пилку з липи коливався від 30 до 40%.

Під час дослідження 8 зразків вміст домінуючого пилку з липи коливався від 20 до 30%. У зазначених зразках виявлені пилкові зерна конюшини повзучої (*Trifolium repens* L.) – 17,0–29,9 %, буркуну білого *(Melilotus albus)* – 7,2–11,8%, глухої кропиви білої *(Lamium album* L.*)* – 5,8–9,6 %, конюшини лугової *(Trifolium pratense)* – 12,0–15,6 %, конюшини середньої *(Trifolium medium)* – 9,0–13,7%, материнки *(Origanum vulgare* L.*)* – 9,0–12,6 %, мишачого горошку (*Vicia cracca*) – 5,0–7,3 %, борщівника Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) – до 3%, вероніки лікарської *(Veronica officinalis*) – 3,0–8,7%, сосни звичайної *(Pinus sylvestris*) – до 3%.

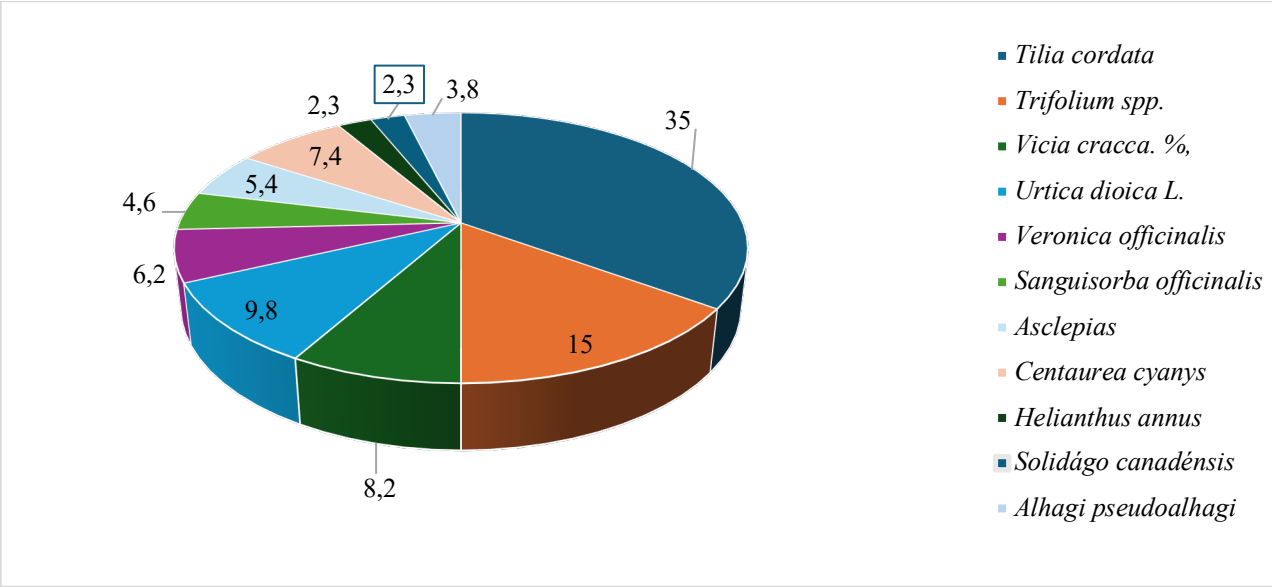


Рисунок 5.6 Видовий склад пилкових зерен липового меду

На рис. 5.7 подано графічне відображення видового складу пилкових зерен меду, у складі якого вміст домінуючого пилку з липи коливався від 20 до 30%.

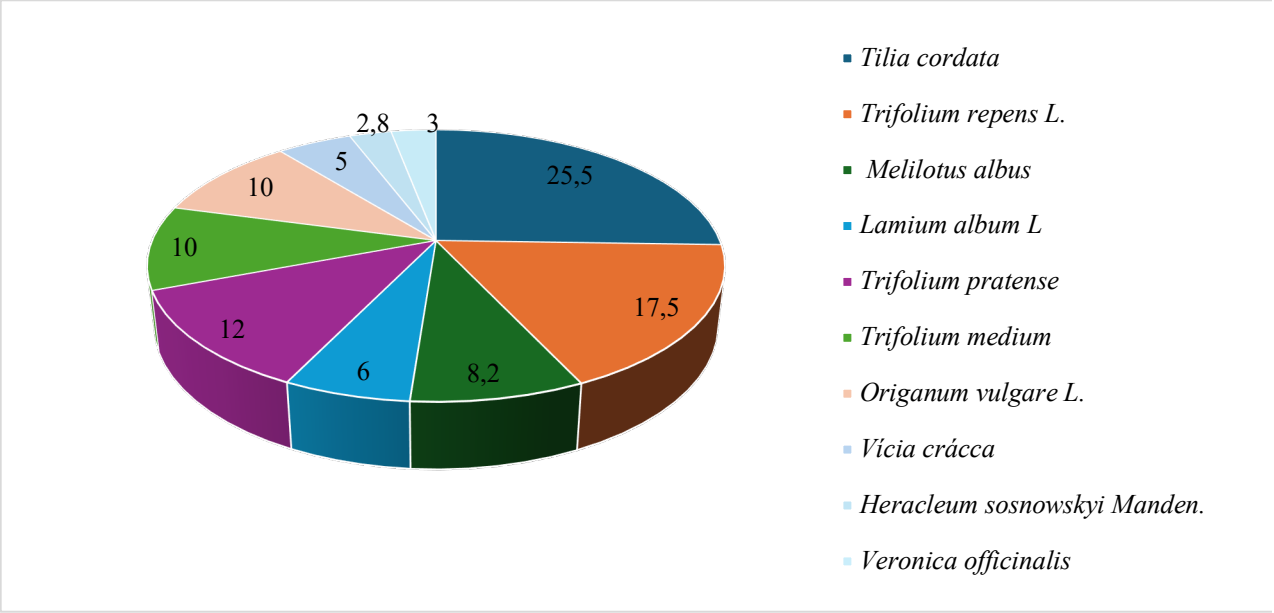


Рисунок 5.7. Видовий склад пилкових зерен липового меду

Під час аналізу зразка меду, де вміст домінуючого пилку з липи складав 28%, були ідентифіковані пилкові зерна до 9,6% гречки посівної *(Fagopyrum esculentum)*.

Діастазне число залежить від кількості ферментів, які бджола виділяє під час переробки нектару в мед, а також від ботанічного походження нектару. З'ясовано, що серед досліджених 28 зразків діастазне число коливалося в межах від 14,3 до 25,3 од. Готе.

Для порівняльної характеристики всі 28 зразків монофлорного липового меду було поділено на три групи з метою встановлення взаємозв'язку між основними фізико-хімічними показниками якості та пилковим складом. Зокрема, виділено такі групи: мед із вмістом домінуючого пилку з липи від 20 до 30%, від 30 до 40% та понад 40%.

Виявлено, що під час аналізу 8 зразків меду де вміст пилкових зерен варіював у діапазоні від 20 – до 30%, діастазне число коливалося у межах від 17,1 од. Готе (вміст пилку складав 25%) до 25,3 од. Готе (вміст пилку такого показника складав 28% при наявності у меді

пилкові зерна до 9,6% гречки посівної, тому і діастазне число збільшилося до 25,3 од. Готе) з середнім значенням 21,7±1,3 од. Готе. Вологість становила від 16,5 до 19,0% з середнім значенням 18,0±0,28%.

При дослідженні зразків монофлорного меду з липи за вмістом домінуючого пилку від 30 до 40% діастазна активність коливалася від 17,2 до 21,4 од. Готе з середнім значенням 18,5±0,4 од. Готе. Виявлено, що з однаковим вмістом домінуючого пилку липи 37%, діастаза відрізняється за наявністю різного виду вторинного пилку. У зразку з 21,4 од. Готе були виявлені зерна синяка, який дає збільшення діастази. Вміст пилкових зерен з липи у 9 зразках коливався від 40 до 89%, діастазне число у таких зразках коливалося від 14,3 од. Готе (мав зразок з 89% домінуючого пилку з липи) до 17,1 од. Готе з середнім значенням 15,9±0,3од. Готе.

Співвідношення цукрози та відновлювальних цукрів у меді характеризує його зрілість, якість і може бути одним з індикаторів ботанічного походження. Підвищений порівняно з нормативами вміст цукрози свідчить про недоброякісність продукції – такий мед або фальсифікований, або отриманий від бджіл, яких підгодовували цукровим сиропом. У досліджених 8 зразках меду, де вміст пилкових зерен з липи становив 20–30%, вміст відновлювальних цукрів коливався в межах 81,6–83,4%, із середнім значенням 82,7±0,3%, а цукрози – у межах 3,1–3,9%, із середнім значенням 3,4±0,1%. У зразках, де вміст пилкових зерен з липи становив від 30 до 40%, вміст відновлювальних цукрів коливався в межах 80,6–83,5%, із середнім значенням 82,5±0,3%, вміст цукрози – у межах 2,5–3,7%, із середнім значенням 3,2±0,1%. У зразках із вмістом пилкових зерен з липи понад 40 % середній вміст відновлювальних цукрів становив 84,6±0,5%, а цукрози – 2,9±0,1%.

Квітковий мед має електропровідність нижче, ніж у медової роси тому цей параметр можна використовувати в якості критерію для того, щоб відрізнити росу від квіткового меду. Наші дослідження показали, що за вмістом пилкових зерен у діапазоні 20–30%, електропровідність коливалася від 0,401 до 0,79 Мс/см. При аналізі зразків меду за наявністю вмісту пилкових зерен від 30 до 40%, електропровідність була від 0,564 до 0,605 з середнім значенням 0,6±0,005 Мс/см. За вмістом пилкових зерен від 40 і вище електропровідність коливалася від 0,578 до 0,665% Мс/см, середнє значення електропровідності складала 0,6±0,01 Мс/см (табл. 5.8).

Таблиця 5.8. Результати досліджень показників якості липового меду

Вміст пилкових зерен, %	Масова частка води, %	Діастазне число, од.Готе	Масова частка відновлюючих цукрів, %	Масова частка сахарози, %	Електро-провідність, Мс/см
20–30%	18,0±0,28	21,7±1,3	82,7±0,3	3,4±0,1	0,6±0,1
30–40%	17,8±0,2	18,5±0,4	82,5±0,2	3,2±0,1	0,6±0,1
40–89%	17,8±0,2	15,9±0,3	84,6±0,5	2,9±0,1	0,6±0,1

За вимогами ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови» вміст проліну у меді має бути не менше 300 мг/кг, за міжнародними нормативними документами має становити не менше ніж 180 мг/кг, проте значні коливання вмісту проліну в цьому продукті зумовлені в основному ботанічним походженням меду. Отримані дані показують, що вміст проліну зразків липового меду де вміст пилкових зерен від 20 до 30% коливався в межах від 302,0 мг/кг до 367,0 мг/кг з середнім значенням 343,0±19,8 мг/кг, а при наявності пилкових зерен від 30 до 40% середнє значення вмісту проліну 329,2±7,4 мг/кг (табл. 5.9).

Під час досліджень зразків меду з липи де вміст пилкових зерен був 40 % та вище, вміст проліну коливався від 239,0 мг/кг до 299,5 з середнім значенням 282,7±6,5 мг/кг. Залежно від ботанічного походження медоноса, вміст глюкози і фруктози в меді варіюється, що впливає на його фізико-хімічні властивості. Співвідношення кількості фруктози до глюкози у різних видах меду є різним і коливається в межах від 0,52 до 1,60. Чим нижчим є це співвідношення (тобто, чим більше глюкози в меді), тим більша ймовірність того, що мед за різних умов буде

швидше кристалізуватися. Результати дослідження липового меду показали, що у зразках, де частка пилку липи становила від 20 до 30%, співвідношення фруктози до глюкози коливалося в межах 1,10–1,19.

Таблиця 5.9.Результати досліджень показників якості липового меду

Вміст пилкових зерен, %	Вміст проліну, мг/кг	Співвідношення ф/г
20–30%	343,0±19,8	1,2±0,01
30–40%	329,2±7,4	1,2±0,01
40–89%	282,7±6,5	1,2±0,01

У зразках із вмістом пилкових зерен липи від 30 до 40 % це співвідношення становило 1,16–1,23. При домінуванні пилку липи у кількості понад 40% співвідношення фруктози до глюкози знаходилося в межах 1,20–1,30. Встановлено, що незалежно від вмісту домінуючого пилку липи, для монофлорного меду з липи співвідношення фруктози до глюкози має стабільне середнє значення – 1,20±0,01.

Отримані дані свідчать про наявність взаємозв'язку між основними фізико-хімічними показниками якості монофлорного меду з липи та його пилковим складом. Зокрема, зі збільшенням вмісту домінуючого пилку липи спостерігається зниження діастазного числа, вмісту проліну та сахарози, водночас підвищується вміст відновлювальних цукрів. Співвідношення фруктози до глюкози у зразках меду з вмістом пилку липи 20% і більше залишається стабільним і має середнє значення 1,2±0,01. Подібна тенденція спостерігається і для електропровідності, середнє значення якої становить 0,6±0,01 мСм/см. Електропровідність, як і інші фізико-хімічні показники, може змінюватися за умови потрапляння до складу меду пилку інших рослин, зокрема синяка, гречки та інших, що впливають на його якісні характеристики.

З метою стандартизації оцінювання якісних показників меду запропоновано поетапний дослідницький підхід. На першому етапі здійснюється аналіз органолептичних властивостей, зокрема аромату, кольору, смаку та консистенції, характерних для монофлорного липового меду. Аромат меду зумовлений наявністю летких органічних сполук і ефірних олій, що є природними компонентами нектару. Композиція ароматичних речовин варіює залежно від ботанічного походження, і саме тому липовий мед вирізняється інтенсивним, специфічним ароматом, який може слугувати маркером автентичності сорту. На відміну від нього, мед, отриманий у результаті підгодівлі бджіл цукровим сиропом, не містить таких летких сполук, а тому позбавлений характерного квіткового аромату та має менш виражені смакові властивості. Смак меду формується переважно завдяки концентрації вуглеводів і органічних кислот, які активують відповідні рецептори слизової оболонки ротової порожнини, забезпечуючи комплексне сенсорне сприйняття продукту.

Таблиця 5.10. Результати досліджень показників якості липового меду, що характеризують його натуральність

Показник	Вміст проліну, мг/кг		Співвідношення ф/г
	за вмістом пилкових зерен липи, %		
	більше 30%	менше 30%	більше 30%
Мед з липи (M ± m)	308,12±34,18	408,16 ±31,13	1,19±0,047
Кількість(n)	13	19	25

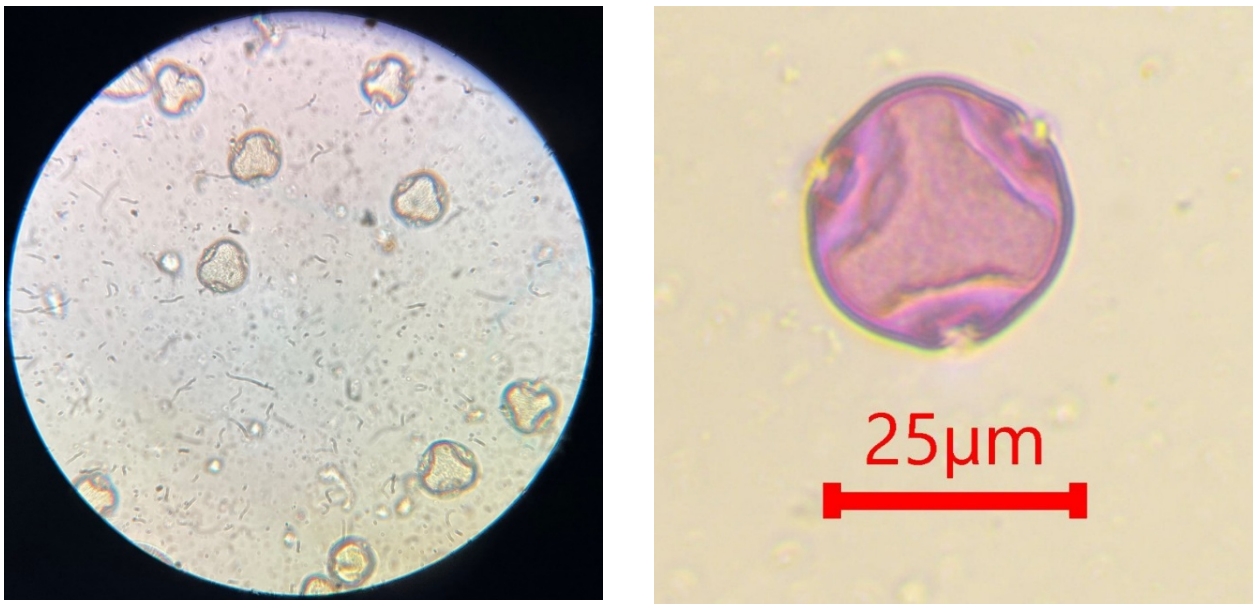
Залежно від ботанічного походження меду варіюється вміст глюкози та фруктози, що безпосередньо впливає на його фізико-хімічні властивості. Співвідношення кількості фруктози до глюкози у різних видах меду є різним і коливається в межах від 0,52 до 1,60. Величина цього співвідношення зумовлена хімічним складом нектару та особливостями інвертазної активності. Чим нижче це співвідношення (тобто, чим вищий вміст глюкози), тим

більша ймовірність швидкої кристалізації меду за різних умов зберігання. У межах дослідження було проаналізовано 25 зразків меду з липи. Співвідношення фруктози до глюкози у них коливалося від 0,88 до 1,28. У зразках, де частка пилку липи становила менше ніж 30 %, це співвідношення варіювало в межах 0,88–1,10, із середнім значенням 0,9± 0,10. Натомість у зразках, де вміст пилку липи перевищував 30%, співвідношення становило 1,10–1,28, із середнім значенням 1,19±0,047. На підставі отриманих результатів пропонується для монофлорного липового меду встановити орієнтовний показник співвідношення фруктози до глюкози не менше 1,2 за умови наявності пилкових зерен липи у кількості 30% і більше.

Визначення видового складу пилкових зерен здійснювали мікроскопічним методом. За ідентифікації зразків меду використовували електронні бази даних пилку PalDat та атласу пилку. Було досліджено 37 зразків меду наданих до лабораторії як липовий мед.

Встановлено, що діастазне число у 13 зразків меду коливалося в межах від 10,1 до 29,2 од. Готе, при цьому вміст пилкових зерен липи у цих зразках перевищував 30%. У чотирьох зразках, де діастазне число становило понад 30 од. Готе, було виявлено наявність паді. Крім того, у цих зразках були присутні пилкові зерна синяка (*Echium spp.),* які, ймовірно, зумовлюють підвищене діастазне число, характерне для падевого або змішаного за походженням меду. Пилковий аналіз показав, що у трьох зразках домінуючим був пилок соняшнику (*Helianthus annuus*), ще один зразок містив значну частку пилку гречки (*Fagopyrum esculentum*). У 19 зразках вміст пилкових зерен липи становив від 3,0 до 29,0%, при цьому діастазне число варіювало в межах від 12,1 до 45,8 од. Готе. Загалом, за результатами аналізу встановлено, що вміст пилку липи у досліджених зразках коливався у широкому діапазоні – від 3,0 до 89,0%.

У 10 зразках липового меду вторинним пилком (у межах 6,2–29,0%) виступали представники родини бобових (Fabaceae), зокрема конюшина (*Trifolium* spp.) – 13,2–29,0% та горошок мишачий (*Vicia cracca*) – 6,2–11,6%. У 16 зразках було виявлено пилкові зерна представників родини капустяні (*Brassicaceae*) – у межах 7,0–25,5%, а в 9 зразках – пилок кропиви дводомної (*Urtica dioica* L.) у кількості 9,8–13,3%. В одному із зразків липового меду було ідентифіковано значну кількість пилку гречки посівної (*Fagopyrum esculentum*) – до 10,6%. У трьох зразках домінуючим був пилок соняшника (*Helianthus annuus* L.), вміст якого перевищував 30%, тому ці зразки не відповідали типовим органолептичним характеристикам липового меду, зокрема за смаком. У чотирьох зразках було виявлено наявність паді, що зумовлювало невідповідність як смакових, так і колірних властивостей цим зразкам. У трьох зразках меду з липи були виявлені пилкові зерна верби (*Salix* spp.) – 11,3–15,3%, аморфи кущової (*Amorpha fruticosa* L.) – 5,7–7,9% та білої акації (*Robinia pseudoacacia* L.) – 3,4–6,3%. Ці зразки не відповідали вимогам щодо консистенції, притаманної монофлорному меду з липи. У 13 зразках меду було виявлено пилкові зерна конюшини повзучої (*Trifolium repens* L.) – у межах 17,4–29,9%, буркуну білого (*Melilotus albus*) – 7,8–11,8%, та глухої кропиви білої (*Lamium album* L.) – 7,8–11,8%. У трьох зразках меду виявлено пилкові зерна конюшини лучної (*Trifolium pratense*) – 12,3–15,6%, конюшини середньої (*Trifolium medium*) – 9,0–13,7%, золотарнику (*Solidago canadensis*) – 4,6–6,7%, материнки (*Origanum vulgare* L.) – 9,1–12,6%, мишачого горошка (*Vicia cracca*) – 5,4–7,3%, борщівника (*Heracleum sosnowskyi Manden.*) – до 3%, вероніки лікарської (*Veronica officinalis*) – 3,9–8,7%, а також пилок сосни звичайної (*Pinus sylvestris*) – до 3%. У шести зразках меду з липи було виявлено пилкові зерна мишачого горошка (*Vicia cracca*) – 6,3–8,2%, конюшини (*Trifolium* spp.) – 7,4–15,5%, собачої кропиви (*Leonurus cardiaca* L.) – 5,3–8,3%, родовика лікарського (*Sanguisorba officinalis*) – 3,2–4,6%, ваточника (*Asclepias* spp.) – 3,9–5,7%, волошки синьої (*Centaurea cyanus*) – 6,3–8,4%, соняшника (*Helianthus annuus*) – <3%, золотарнику (*Solidago canadensis*) – <3%, вероніки лікарської (*Veronica officinalis*) – 3,6–6,8%, та верблюжої колючки (*Alhagi pseudoalhagi*) – 3,2–4,8%. За результатами пилкового аналізу встановлено, що 16 з досліджених зразків меду мали вміст пилкових зерен липи понад 30%, що дозволяє класифікувати їх як монофлорні за ботанічним походженням.



1 **2**

Рисунок 5.7. Пилкові зерна липи у монофлорному липовому меді

Примітка: *1 – фото у окуляр мікроскопа, автор Людмила Лазарєва, 2025; 2 – фото пилкового зерна липи у монофлорному липовому меді, автор Леонора Адамчук, 2025.*

Zou et al. (2022) встановили, що серед різних біологічно активних властивостей меду антиоксидантна активність тісно пов'язана з вмістом фенольних кислот і флавоноїдів. Механізм цієї дії полягає в тому, що поліфеноли меду здатні зменшувати утворення активних форм кисню, відновлювати активність антиоксидантних ферментів, а також покращувати загальну антиоксидантну активність і функцію мітохондрій. Оскільки склад і концентрація поліфенолів у меді залежать від рослин-джерел нектару, антиоксидантна здатність меду визначається його ботанічним походженням та екологічними умовами. Крім того, поліфеноли, що надходять у мед з нектароносних рослин, можуть слугувати маркерами його походження.

Наскільки важливим є дотримання стандартизованих показників якості монофлорного липового меду, підтвердили *Yankova-Nikolova та ін. (2025),* які здійснили порівняльний аналіз основних параметрів, залежно від його географічного походження. У дослідженні було зібрано 18 зразків липового меду із шести регіонів Болгарії (по три зразки з кожного регіону від різних виробників під час збору врожаю 2023 року). Аналізувалися фізико-хімічні показники: вміст гідроксиметилфурфуролу, діастазна активність, pH, колір, вміст води та електропровідність, а також органолептичні та пилкові характеристики. Антиоксидантну активність визначали за кількома методами: загальний вміст фенолів (TPC), вміст фенольних сполук за методом Фоліна–Чокальтьо, активність 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразилових (DPPH) радикалів, CUPRAC (відновлювальна антиоксидантна ємність міді), FRAP (залізовідновлювальна антиоксидантна здатність) та ABTS•+ і ORAC (здатність поглинати радикали кисню). У ході дослідження було виявлено значні відмінності між зразками з різних регіонів. Зокрема, усі зразки меду з Північно-Центрального регіону мали високий вміст пилку *Tilia sp.,* тоді як у зразках з Південно-Західного регіону пилок *Tilia spp.* не був виявлений взагалі. Найвищу сенсорну оцінку отримав липовий мед із Північно-Центрального регіону, який, з огляду на загальні результати, визнано найякіснішим серед усіх досліджуваних регіонів, що, ймовірно, пов'язано з переважанням липових лісів у цій місцевості. Важливим висновком стало й те, що 39% меду, маркованого або задекларованого як монофлорний липовий мед, не відповідали встановленим критеріям для такої категорії продукції.

Raweh et al. (2023), показали наскільки важливим є дотримання стандартів меду і це має вирішальне значення для його автентичності та якості. У цьому дослідженні оцінювалося ботанічне походження (аналіз пилку) та фізико-хімічні властивості: вологість, колір, електропровідність (ЕП), вільна кислотність (ВК), pH, діастазна активність,

гідроксиметилфурфурол (ГМФ) та вміст цукру в окремих зразках сорока місцевих та імпортних медів. Місцевий мед мав низький вміст вологи та ГМФ (14,9% та 3,8 мг/кг відповідно), ніж імпортний мед (17,2% та 23 мг/кг відповідно). Крім того, місцевий мед показав вищу ЕП та діастазну активність (1,19 мСм/см та 11,9 DN відповідно) порівняно з імпортним медом (0,35 мСм/см та 7,6 DN відповідно). Середня ВК місцевого меду (61 мекв/кг) була значно природно вищою, ніж імпортного меду (18 мекв/кг). Весь місцевий нектарний мед, отриманий з *Acacia spp.,* демонстрував природно вищі значення ВК, які перевищували стандартну межу (≤50 мекв/кг). Колірна шкала Пфунда коливалася від 20 до 150 мм у місцевому меді та від 10 до 116 мм в імпортному. Місцевий мед був темнішим, із середнім значенням 102,3 мм, і суттєво відрізнявся від імпортного меду (72,7 мм). Середні значення pH місцевого та імпортного меду становили 5,0 та 4,5 відповідно. Крім того, місцевий мед був більш різноманітним за таксонами пилкових зерен порівняно з імпортним медом. Місцевий та імпортний мед виявив значну різницю щодо вмісту цукру в межах окремого типу меду. Середній вміст фруктози, глюкози, сахарози та редукуючого цукру в місцевому меді (39,7%, 31,5%, 2,8% та 71,2% відповідно) та імпортному меді (39,2%, 31,8%, 0,% та 72,0 % відповідно) знаходився в межах дозволених стандартів якості.

Vîjan et al. (2023), дослідили п’ять видів меду (поліфлорний, соняшниковий, липовий, ріпаковий та акацієвий) з південної Румунії, які були класифіковані за допомогою хемометричних методів у поєднанні з ІЧ-спектроскопією. Було досліджено вплив ботанічного походження на фізико-хімічні характеристики меду, щоб виділити найцінніше рослинне джерело меду. Окрім антиоксидантної активності, ботанічне походження меду суттєво залежало від таких показників, як вологість, зольність, електропровідність (EC), pH, вільна кислотність (FA), загальний вміст цукру (TSC), гідроксиметилфурфурол (HMF), загальний вміст фенольних речовин (TPC), таніни (TTC) та вміст флавоноїдів (TFC). Результати показали, що соняшниковий мед мав найвищий вміст вологи (15,53%), вільну кислотність (16,67 мЕкв/кг), електропровідність (483,92 мкСм/см), фенольні сполуки (167,59 мг GAE 100 г/г) та флавоноїди (19,00 мг CE 100 г/г), тоді як поліфлорний мед мав найвищий загальний вміст цукру (69,64 г Glu 100 г/г). Найвищий вміст HMF був виявлений у липовому меді (33,94 мг/кг). Вміст HMF у всіх протестованих медах був у межах рекомендованої норми, і це підтвердило, що протестований мед не пройшов жодної термічної обробки. Усі п’ять видів протестованого меду мали безпечний вміст вологи для зберігання та споживання (12,21–18,74%). Вільна кислотність меду була в діапазоні від 4,00 до 25,00 мЕкв/кг, що свідчило про свіжість зразків та відсутність будь-яких процесів бродіння в протестованому меді. Мед із загальним вмістом цукру понад 60% (за винятком липового меду з 58,05 г глюкози на 100 г-1) демонстрував характеристики меду, отриманого з нектару. Підвищена антиоксидантна активність меду корелювала з його високим вмістом вологи, флавоноїдів та HMF, тоді як таніни та HMF позитивно корелювали із зольністю та електропровідністю. Вищий вміст фенолів, флавоноїдів та танінів корелював з вищою вільною кислотністю. Хемометричний метод у поєднанні зі спектрами ATR-FTIR виявив чітке розмежування липового меду від акацієвого, багатоквіткового та соняшникового меду.

Nguyen et al. (2023), при дослідженні 12 зразків акацієвого та 12 липового меду з Чеської Республіки було проаналізовано за допомогою хемометричного підходу та методу визначення профілів летких сполук. Результати вимірювання електропровідності (17,4 та 65,1 мСм/м), вільної кислотності (12,5 та 24,5 мекв/кг), діастазної активності (12,6 та 18,8 DN), кольору (21,5 та 47,8 мм Pfund), гідроксиметилфурфуролу (ГМФ) (11,5 та 3,5 мг/кг), фруктози (45,1 та 36,3 г/100 г), вмісту фруктози + глюкози (F+G) (76,7 та 69,3 г/100 г) та співвідношення фруктози/глюкози (1,4 та 1,1) показали статистично значущі відмінності ($p<0,05$) між акацієвим та липовим медом відповідно. Фізико-хімічні властивості та профілі пилку відповідали опису європейського монофлорного меду, за винятком акацієвого меду через низьку частку пилку акації (2,8−10,3%). Згідно з аналізом летких сполук за допомогою твердофазної мікроекстракції в парі з газовою хроматографією-мас-спектрометрією (HS-SPME/GC-MS), дев’ять ключових летких речовин було відібрано з понад 100 летких сполук,

присутніх в аналізованих зразках, для оцінки як маркерів ботанічного походження, типових для найпоширеніших джерел рослинного нектару в Чеській Республіці. Крім того, нецільовий аналіз у поєднанні з аналізом головних компонентів (PCA) виявив тенденції та викиди у всіх хроматографічних даних, отриманих для 24 зразків меду. Оксид цис-ліналоолу та β-ліналоол були підтверджені як маркери акацієвого меду, тоді як карвакрол та п-цименен були виявлені майже виключно в липовому меді. Результати показали, що хемометричний метод з нецільовим та цільовим аналізом летких сполук є надійним та точним для класифікації меду різного ботанічного походження.

Особливості географічного походження меду показують оцінки якості меду і взаємозалежності цих показників. Так, *Zhuk et al. (2022)* дослідили фізико-хімічні показники якості 65 зразків поліфлорного меду з трьох адміністративних районів Чернівецької області на південному заході України. Обраними адміністративними районами були Путила («Традиційні села»), Сторожинець («Проміжна») та Хотин («Інтенсивне сільське господарство»), які відображають градієнт соціальних та екологічних умов, таких як ґрунтовий покрив та землекористування, рівень економічного розвитку, культура та демографія. Якість меду визначалася відповідно до вимог національного стандарту України та Директиви ЄС щодо меду (або Стандарту Кодексу Аліментаріус щодо меду) за допомогою таких показників: відновлювальні цукри та вміст вологи, активність діастази, вільна кислотність, pH, електропровідність, вміст гідроксиметилфурфуролу (ГМФ) та проліну. Був проаналізований профіль вуглеводів, зокрема глюкози, фруктози, сахарози, мальтози, трегалози, мелезитози, рафінози. Було визначено співвідношення фруктози до глюкози (Ф/Г). Усі протестовані зразки відповідали міжнародним стандартам щодо масової частки редукуючих цукрів, діастазної активності та вмісту гідроксиметилфурфуролу. За фізико-хімічними показниками досліджувані зразки меду були високої якості. Вміст редукуючих цукрів у зразках меду коливався в межах 66,0–97,6%. Вміст фруктози коливався від 342 до 549 мг/г, а вміст глюкози коливався в межах 283–517 мг/г. Середнє співвідношення фруктоза/глюкоза становило 1,2 для зразків меду з трьох досліджуваних районів. Окрім фруктози та глюкози, у досліджуваному меді були виявлені деякі олігосахариди, такі як мальтоза, трегалоза та мелицитоза. Мелицитоза була виявлена у зразках меду з районів «Традиційне село» (21 зразок) та «Проміжний» (5 зразків). Загальна мінливість вмісту гідроксиметилфурфуролу (ГМФ) у досліджуваних 65 зразках меду з пасік у трьох районах Чернівецької області коливалася від 0,19 до 30,8 мг/кг. Мінімальний вміст вологи становив 16,2% (у стратах «Традиційне село» та «Проміжний»), а максимальний – 22,2% (у страті «Проміжний»). Дослідження показали, що вільна кислотність зразків коливалася в межах від 13,5 до 58,0 мекв/кг. Варіабельність вмісту проліну для трьох досліджуваних географічних районів коливалася від 82,3 до 1201,2 мг/кг. Досліджувані зразки меду мали низький рівень pH (~ 3,7), високий вміст проліну (~ 513 мг/кг) та редукуючих цукрів (~ 80%), що свідчить про його харчову цінність та натуральність. Відхилення від стандартів меду за вмістом вологи, кислотністю та електропровідністю виявлено у 8–10% усіх зразків.

Petrova et al. (2024), проаналізували чотирнадцять зразків меду, включаючи монофлорний, поліфлорний та падевий мед, зібрані з Болгарії, Туреччини та Марокко, з метою дослідження впливу квіткового походження на біологічні властивості меду. Антиоксидантну активність зразків оцінювали за допомогою методів DPPH, ABTS, FRAP та CUPRAC, а також аналізували їхній фітохімічний склад, вимірюючи загальний вміст фенолів методом Фолін-Чокальтеу та окремих поліфенолів за допомогою ВЕРХ. Результати показали, що падевий мед продемонстрував найвищий загальний вміст фенолів та антиоксидантну активність серед усіх протестованих зразків. За ним йшли липовий та лісовий меди, які також продемонстрували значну біологічну активність. Натомість, акацієвий мед показав найнижчий рівень вмісту фенолів та антиоксидантних властивостей серед зразків. Результати показали, що хоча ботанічне походження меду мало значний вплив на його біологічні властивості, інші фактори, такі як географічне розташування, також відігравали роль у визначенні його якості. Досліджені відмінності між зразками меду одного й того ж ботанічного походження можна

пояснити такими факторами, як специфічні ландшафтні умови, зокрема, чи був мед отриманий з міської чи сільської місцевості, час збору врожаю, методи бджільництва та умови зберігання.

Tkač et al. (2024) визначили значущі фізико-хімічні та біоактивні параметри меду, що походить з Іракського Курдистану. Для цього зразки меду (n=16) були взяті безпосередньо у курдських бджолярів з різних місць губернаторств Дахук та Ербіль у 2018 та 2022 роках. Були проаналізовані такі параметри: вміст вологи, електропровідність, діастазна активність, вміст гідроксиметилфурфуролу, pH, вільна кислотність, вміст сахаридів, загальний вміст фенолів, загальний вміст флавоноїдів, колір, інтенсивність кольору та DPPH, FRAP. Ще одним завданням цієї роботи було порівняння властивостей курдистанського меду з вимогами законодавства Європейського Союзу та з медом Центральної Європи. У порівняння було включено 48 зразків меду. Було виявлено, що мед, вироблений в Іракському Курдистані, відповідає суворим критеріям якості, встановленим європейським законодавством, що є важливою інформацією для місцевих бджолярів та експертів щодо виробництва меду, а також можливістю встановити місцеві обмеження якості меду. Незважаючи на різні кліматичні та топографічні умови, доступну флору та різні види бджіл, властивості меду Іракського Курдистану були подібними до властивостей меду з Чеської та Словацької Республік.

Farkas et al. (2022), оцінили вплив чотирьох монофлорних медів на харчові патогени *Pseudomonas aeruginosa* та *Staphylococcus aureus*, аналізуючи антибактеріальний ефект меду та його деградацію, а також його антиоксидантну активність та вміст елементів. Ботанічне походження медів та відносну частоту типів пилку було встановлено за допомогою мелісопалінологічного аналізу. Антиоксидантну здатність було розраховано двома методами на основі переносу одного електрона (TRC – загальна відновлювальна здатність та TEAC – антиоксидантна здатність, еквівалентна тролоксу) та методом переносу атомів водню (ORAC – поглинання кисневих радикалів). Кількість чотирьох основних макро- та двох мікроелементів було кількісно визначено. Антибактеріальну активність визначали за допомогою методу мінімальної інгібуючої концентрації (MIC) та методу мембранної деградації. Крім того, також було вивчено здатність зразків до деградації біоплівки.

Світлий липовий мед з найнижчими показниками TRC та TEAC, але з найвищою антиоксидантною активністю ORAC та високим вмістом елементів продемонстрував найкращий антибактеріальний ефект та ефект деградації біоплівки. Тим часом, темно-каштановий мед зі значно вищою антиоксидантною здатністю на основі переносу окремих електронів, високим вмістом елементів, але нижчим ORAC, продемонстрував значно вищу мінімальну інгібуючу концентрацію (МІК) та нижчу активність деградації мембран, ніж липовий мед. У випадку деградації біоплівки обидва типи меду мали однаково високий інгібуючий ефект. Мед із золотарника був однаково ефективним щодо своїх властивостей МІК, як і каштановий, але мав значно нижчий антиоксидантний потенціал та здатність порушувати бактеріальні мембрани та біоплівки. Мед із молочаю був типом меду з найнижчою біоактивністю та вмістом елементів. Медьоднозначно характеризувався своїми антиоксидантними властивостями та вмістом елементів, демонстрував різні антибактеріальні ефекти та ефекти деградації біоплівки. Крім того, деякі характеристики меду виявилися хорошими предикторами антимікробного потенціалу меду: аналіз ORAC показав кореляцію зі значеннями МІК обох бактерій, а також була виявлена кореляція між вмістом мінералів та антибіоплівковою активністю досліджуваних медів. Дослідження показують, що монофлорні меди, такі як липовий та каштановий, є продуктами рослинного походження з великим потенціалом як антимікробні засоби для консервування харчових продуктів, що проявляють значну антибактеріальну активність проти патогенів харчового походження.

Pătruică et al. (2022) представили хімічну характеристику, антиоксидантний та антимікробний потенціал десяти видів меду (гірчака, липи, дикої вишні, акації, паді, ріпаку, соняшнику, фацелії, звичайний прліфлорний та гірський поліфорний) з регіону Банат у Румунії. Науковці досліджували вміст вологи, суху речовину, домішки, кислотність та pH меду. Також визначили вміст редукуючого цукру, мінералів та флавоноїдів, а також загальний вміст фенолів. Усі проаналізовані зразки меду показали хороші поживні характеристики

відповідно до стандартного кодексу для меду. Аналіз мінерального вмісту зразків меду показав мінливість макро- та мікроелементів, що залежить від ботанічного походження, в діапазоні від 0,25% (мед дикої вишні) до 0,54% (паді). Рівень токсичних металів (Cd та Pb) відповідав стандарту майже для всіх проаналізованих зразків. Вміст флавоноїдів у зразках коливався від 9,29 мг КЕ/100 г для меду з дикої вишні до 263,86 мг КЕ/100 г для липового меду, а для поліфенолів – від 177,6 мгГАЕ/100 г для акацієвого меду до 1159,3 мгГАЕ/100 г – для паді. Найвища антиоксидантна здатність була зареєстрована у випадку липового меду (79,89%) та паді (79,20 %), а найслабша – у акацієвого (41,88%) та дикої вишні (50,4%). Усі досліджувані зразки меду показали антимікробну активність залежно від виду меду, концентрації та аналізованого штаму. Новизна цього дослідження полягає в комплексному підході до вивчення якості меду, як з точки зору хімічних властивостей, так і оцінки антимікробного потенціалу конкретних штамів у кореляції з ботанічним та географічним походженням аналізованої території.

Хімічний склад меду з гірчака японського *(Fallopia japonica),* липи європейської *(Tilia europea),* дикої вишні *(Prunus avium subsp. Avium),* акації *(Robinia pseudoacacia),* паді, ріпаку олійного *(Brasica napus),* соняшнику *(Helianthus annuus),* фацелії *(Phacelia),* звичайної та гірської поліфлори демонструє значну мінливість, що зумовлено ботанічним походженням. Усі проаналізовані зразки мали значення кислотності та pH, а також вміст домішок у межах, дозволених стандартами якості. Вміст мінералів був вищим у темному меді (липовий та падевий) порівняно зі світлим медом (акація та дика вишня). Вміст флавоноїдів та поліфенолів відповідає за антиоксидантну активність меду. Липовий мед та падевий продемонстрували найкращу антиоксидантну активність. Це дослідження щодо хімічних властивостей та антимікробного потенціалу меду підтверджує попередні дослідження впливу ботанічного та географічного походження, генетики бджіл та метеорологічних факторів, а також умов збору, переробки та зберігання на якість меду.

Перелік використаних джерел до Підрозділів 5.1–5.4

Albu, A., Radu-Rusu, C. G., Pop, I. M., Frunza, G., & Nacu, G. (2021). Quality Assessment of Raw Honey Issued from Eastern Romania. *Agriculture*, 11, 247.

Albu, A., Radu-Rusu, R. M., Simeanu, D., Radu-Rusu, C. G., & Pop, I. M. (2022). Phenolic and total flavonoid contents and physicochemical traits of Romanian monofloral honeys. *Agriculture*, 12(9), 1378.

Baloš, M. Ž., Jakšić, S., Popov, N., & Polaček, V. (2021). Characterization of Serbian sunflower honeys by their physicochemical characteristics. *Food and Feed Research,* 48(1), 1–8.

Codex Alimentarius Commission (2001): Revised Codex Standards for Honey. Codex Standard 12–1981, Rev. 2. Retrieved from: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius.pdf.

Directive 2001/110/EC relating to honey. Official Journal of the European Communities. 2014. L164/1.

Directive 2014/63/EU of the European Parliament and of the Council amending Council.

Escuredo, O., Rodríguez-Flores, M.S., Míguez, M., Seijo, M.C. (2023). Multivariate statistical approach for the discrimination of honey Samples from Galicia (NW Spain) using physicochemical and pollen parameters. Foods, 12, 149.

Farkas, Á., Balázs, V.L., Kõszegi, T., Csepregi, R., Kerekes, E., Horváth, G., Szabó, P., Gaál, K., Kocsis, M. (2022). Antibacterial and Biofilm Degradation Effects of Hungarian Honeys Linked With Botanical Origin, Antioxidant Capacity and Mineral Content. Front. Nutr. 9, 953470.

Farkas, Á., Horváth, G., Kuzma, M., Mayer, M., Kocsis, M. (2023). Phenolic compounds in Hungarian acacia, linden, milkweed and goldenrod honeys. Current Research in Food Science. Vol. 6, 2023, 100526. https://doi.org/10.1016/j.crfs..100526.

Golden Elixir Revealed: Unraveling the Amazing Benefits of Linden Honey. Retrieved from: https://graudupes.com/blogs/honey/golden-elixir-revealed-unraveling-the-amazing-benefits-of-linden-honey

Harfa, C., Terzea, R., Ardelean, L., Dumitrescu E. (2025). Evaluation of bio-chemicals and quality parameters in different honey varieties. Rom. J. Vet. Sci., 58.

Hulea, A., Obiștioiu, D., Cocan, I., Alexa, E., Negrea, M., Neacșu, A. G., Hulea, C., Pascu, C., Costinar, L., Iancu, I., Tîrziu, E., & Herman, V. (2022). Diversity of monofloral honey based on the antimicrobial and antioxidant potential. Antibiotics (Basel, Switzerland), 11(5), 595. https://doi.org/10.3390/antibiotics11050595.

Ioan Mircea Pop, Daniel Simeanu, Simona-Maria Cucu-Man, Aurel Pui and Aida Albu. Quality Profile of Several Monofloral. (2023). Romanian Honeys Agricultur. Vol. 13, 75. https://doi.org/10.3390/agriculture13010075.

Krell, R. (1996). Value-added products from beekeeping (Vol. 124). Food & Agriculture Org.

Małgorzata Dżugan, Dorota Grabek-Lejko, Sylwia Swacha, Monika Tomczyk, Sabina Bednarska, Ireneusz Kapusta. (2020). Physicochemical quality parameters, antibacterial properties and cellular antioxidant activity of Polish buckwheat honey. Food Bioscience. Vol. 34, 100538. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100538.

Mircea Pop, I., Simeanu, D., Cucu-Man, S., Pui, A., Albu, A. (2023). Quality Profile of Several Monofloral Romanian Honeys Agriculture, 13, 75. https://doi.org/10.3390/agriculture13010075.

Nguyen, T. Q. N., Hanková, M., Kružík, V., Grégrová, A., Škorpilová, T., Štarha, P., Tran, V. N, Čížková, H. (2023). Determination of volatile compound profiles and physico-chemical analysis of linden and acacia Czech honey. J. Apic. Res., 62, 374–382.

Other Insights That May Be of Interest.Stephanie Rodriguez. Retrieved from https://www.czapp.com/analyst-insights/how-ukraines-sunflower-honey-production-are-intertwined/

PalDat – Palynological Database an publicarion on recept pollen. Aut Pal – Society tior the Promotion of Palyndogical Research in Austria ZVR – Zahl: 378481059. Department of Botany and Biodiversity Research. University of Vienna. Retrieved from https://www.paldat.org/.

Pătruică, S., Alexa, E., Obiștioiu, D., Cocan, I., Radulov, I., Berbecea, A., Lazăr, R. N., Simiz, E., Vicar, N. M., Hulea, A., & Moraru, D. (2022). Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Some Types of Honey from Banat Region, Romania. Molecules, 27(13), 4179. https://doi.org/10.3390/molecules27134179.

Petrova, P., Mrmošanin, J., Petrović, S., Chochkova, M., Jovanović, V. (2024). Evaluation of Antioxidant Properties and Phytochemical Composition in Varietal Honeys. JUCTM, 59, 779–788.

Raweh, H. S. A., Badjah-Hadj-Ahmed, A.Y., Iqbal, J., Alqarni, A. S. (2023). Physicochemical Composition of Local and Imported Honeys Associated with Quality Standards. Foods, 12, 2181. https://doi.org/10.3390/ foods12112181.

Razanov, S., Landin, V., Nedashkivskyi V., Ohorodnichuk, H., Guco,l G., Symochko, L., Komynar, M. (2022). Intensity of 137cs transition into nectar-pollinating plants and beekeeping products during reclamation of radioactively contaminated soils. International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES). Vol. 12 (1). P. 291–298. https://doi.org/10.31407/ijees12.134.

Sakač, M., Jovanov, P., Marić, A., Četojević-Simin, D., Novaković, A., Plavšić, D., Škrobot, D., & Kovač, R. (2022). Antioxidative, Antibacterial and Antiproliferative Properties of Honey Types from the Western Balkans. Antioxidants, 11(6), 1120. https://doi.org/10.3390/antiox11061120.

Tasić, A., Pezo. L., Lončar, B., B. Pešić M., Tešić, Ž, Milica Kalaba. (2024). Assessing the Impact of Botanical Origins, Harvest Years and Geographical Variability on the Physicochemical Quality of Serbian Honey. Foods. 13(10). 1530. https://doi.org/10.3390/foods13101530.

Tkač, M., Abdullah, F. A. A., Vorlová, L., Bartáková, K., Bursová, Š., Javůrková, Z. (2024). Quality Characterization of Honeys from Iraqi Kurdistan and Comparison with Central European Honeys. Foods, 13, 2228.

Tkaczenko, H, Kurhaluk, N, Lukash, O, Yakovenko, O. (2023). *In vitro* antibacterial efficacy of different natural linden honey against some gram-positive and gram-negative strains. Agrobiodivers Improv Nutr Health Life Qual, 7, (2): 173–180. https://doi.org/10.15414/ainhlq.2023.0018.

Vîjan, L. E., Mazilu, I. C., Enache, C., Enache, S., Topală, C. M. (2023). Botanical Origin Influence on Some Honey Physicochemical Characteristics and Antioxidant Properties. Foods, 12, 2134.

What Is Linden Honey and Where Does It Come From? Retrieved from https://beeswiki.com/linden-honey.

Yankova-Nikolova, A., Vlahova-Vangelova D., Balev D., Kolev N., Dragoev S., Lowndes-Nikolova, B. (2025). Comparative Study of Bulgarian Linden Honey *(Tilia sp.)* Foods, 14(2), 175. https://doi.org/10.3390/foods14020175

Zandu Ayurvedic Team. Acacia Honey Vs Manuka Honey: Which one is Better Honey? (2024). Retrieved from https://zanducare.com/blogs/exploring-ayurveda/acacia-and-manuka-honey-face-off-health-benefits-uses-and-more.

Zhuk, A., Sytnikova, I., Fylypchuk, T., Bahlei, O., Shkrobanets, O., Danihlík, J., Moskalyk, H., Panchuk, I., Burkut, V., Angelstam, P. (2022). Physicochemical quality indicators of honey: An evaluation in a Ukrainian socioecological gradient. Regul. Mech. Biosyst. 13, 354–361.

Zou, S., Tao, H., & Chang, Y. N. (2022). Characterization of antioxidant activity and analysis of phenolic acids and flavonoids in linden honey. Food Science and Technology, 42, e76621.

Zou, S., Tao, H., Chang, Y.-N. (2022). Characterization of antioxidant activity and analysis of phenolic acids and flavonoids in linden honey. Food Sci. Technol, 42, e76621.

Державна фармакопея України 2.3 в статті Липи квітки *(Tiliae flos Lime flower).* Взято з https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/5835/lipa-tilia-l.

Доповідь на сесії Загальних зборів Національної академії аграрних наук України. (2024). Перспективи розвитку переробки сільськогосподарської продукції у повоєнній Україні. Взято з http://naas.gov.ua/upload/iblock/2ec/%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C%2012.12.2024.pdf.

Китайське бджільництво. (2023). Взято з https://agrostory.com/uk/info-centr/tvarinnyctvo/kitayskoe-pchelovodstvo-2/.

Козаченко, О. (2023). Український мед в ЕС: чи є перспективи в експортної експансії під час війни. Взято з https://delo.ua/business/ukrayinskii-med-v-es-ci-je-perspektivi-v-eksportnoyi-ekspansiyi-pid-cas-viini-419277/.

Корисні властивості і протипоказання. Взято з https://diagnoz.in.ua/korist-shkoda-izhi/akaciievii-med/.

Куць, Т. В., Макарчук, О. Г., (2023). Ринок меду в Україні: особливості функціонування та проблеми в сучасних умовахУкраїнський журнал прикладної економіки та техніки. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2023-2-48.

Липовий мед: секрети цілющих властивостей. Взято з https://www.medyk-vedmedyk.ua/news/lipoviy-med-sekreti-tsilushih-vlastivostey/?srsltid=AfmBOop7vDWq7vs3T2-pp0vKA9kDVqDXfp4gptTOf_EIAF3Cqcjq_T0k.

Лівенець, К. (2023). Час уже бити на сполох: як вплинула війна на бджільництво та видобуток меду. Взято з https://www.unn.com.ua/uk/news/2038508-chas-uzhe-biti-na-spolokh-yak-vplinula-viyna-na-bdzhilnitstvo-ta-vidobutok-medu

Мед з липи: корисні лікувальні властивості. URL: http://pasikabrody.com.ua/med/lypovyj-med/lypovyj-med-korysni-likuvalni-vlastyvosti.html.

Мед натуральний. Технічні умови: ДСТУ 4497:2005. Увед. вперше, чинний від 2005-12-28. Київ, Держспоживстандарт України.

Мельник, О. П., Шевченко, О. Ю., Маринін, А. І., Літвинчук, С. І. (2022). Фальсифікація меду і методи її виявлення. Наукові праці НУХТ. Том 28, № 5, 60. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-5-8.

Міжнародний ринок меду станом на жовтень 2022 року. Взято з https://gornich.com.ua/post/mizhnarodnyi-rynok-medu-stanom-na-zhovten-2022-roku.

Мірзоєва, Т. В., Ільків, Л. А. (2023). Ризики та перспективи розвитку бджільництва в Україні. Економіка та суспільство. Вип. 56/2023. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-73.

Наказ Міністерства агарної політики та продовольства від 19.06.2019 № 330 Про затвердження Вимог до меду. Взято з https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0725-19#Text.

Про затвердження Ветеринарно-санітарних вимог до потужностей (об'єктів) з оброблення, переробки побічних продуктів тваринного походження. Наказ Міністерство аграрної політики та продовольства України від 18.03.2024 № 859. Взято з https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0534-24#Text.

Разанова, О. П., Голубенко, Т. Л., Скоромна О. І. (2023). Шляхи підвищення конкурентоспроможності галузі бджільництва у контексті євроінтеграційних процесів: монографія. 279 с.

Регламент Європейського Парламенту та Ради ЄС № 852/2004. Щодо гігієни харчових продуктів, від 29 квітня 2004.

Регламент Європейського Парламенту та Ради ЄС № 853/2004. Про встановлення спеціальних санітарних норм для харчових продуктів тваринного походження.

Регламент Європейського Парламенту та Ради ЄС № 854/2004. Про встановлення спеціальних правил організації офіційного контролю щодо продуктів тваринного походження, призначених для споживання людиною, від 29 травня 2004.

Регулювання Ради ЄС № 797/2004, про дії в області бджільництва.

Святненко, Р. С., Маринін, А. І., Літвинчук, С. І., Пасічний, В. М. (2023). Дослідження якості меду різних джерел ботанічного та одного регіонального походження. Вісник ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького. Серія: Харчові технології. Т. 25, № 99. https://doi.org/10.32718/nvlvetf9910.

Скрипка, Г. А., Хімич, М. С, Салата, В. З., Найдіч, О. В., Горобей, О. М., Матвіїшин, Т. С. (2021). Моніторинг відповідності якості та безпечності соняшникового меду вимогам національного стандарту. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Ґжицького. Серія: Ветеринарні науки. Т. 23, № 103.С. 162–167.

Соняшниковий мед – про переваги найпоширенішого сорту. (2024). Взято з https://sviymed.com/ukr/podsolnechnyi-med-o-preymushchestvakh-samoho-rasprostranennoho-sorta/.

Стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року». Взято з https://diagnoz.in.ua/korist-shkoda-izhi/akaciievii-med.

Стратегічні орієнтири поглиблення торговельно-економічних відносин України з країнами Європейського Союзу в умовах набуття Україною офіційного статусу кандидата на вступ до ЄС. (2025). Взято з https://fru.ua/images/doc/2025/EU_web.pdf.

Ціна українського меду на ринках світу (2025). Взято з https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2525469-ekspert-poasniv-nizku-cinu-ukrainskogo-medu-na-rinkah-svitu.html.

Цінність соняшникового меду. Взято з http://medova.poltava.ua/publ/cinnist_sonjashni kovogo_medu/1-1-0-49.

Чому за кордоном український мед продають з європейським маркуванням. Взято з https://tyzhden.ua.

5.6. Перспективи виробництва монофлорного фацелієвого меду (*Phacelia tanacetifolia* Benth) в Україні

Леонора Адамчук, Ян Бріндза

Загальна характеристика. Фацелієвий мед – це один із монофлорних сортів меду, який виробляють бджоли переважно з нектару фацелії пижмолистої (*Phacelia tanacetifolia*). Завдяки своїм властивостям, фацелієвий мед є не лише харчовим продуктом, але й джерелом біологічно активних речовин з потенційною лікувальною дією.

Як і інші види натурального меду, фацелієвий мед містить понад 350 сполук. До основних груп біологічно активних речовин належать цукри, кислоти, поліфеноли, мікроелементи. Серед цукрів переважає фруктоза 35–42%, також міститься глюкоза 31–38% та сахароза – <5%. Прості цукри легко засвоюються організмом і забезпечують енергетичну цінність меду.

Органічні кислоти (глюконова кислота – основна, а також яблучна, лимонна, бурштинова – у менших концентраціях) зумовлюють кислотність меду (pH 3,5–4,5) та сприяють його антимікробним властивостям. Серед амінокислот, загальний вміст яких 0,2–0,4%, переважають пролін, фенілаланін, тирозин. Амінокислоти впливають на ферментативну активність і стабільність меду, як харчового продукту.

Kuś et. al. (2018) довели, що сполуки азоту домінують у ВЕРХ-профілі меду Ph. *tanacetifolia*. Під час аналізу виявлено 6 основних азотистих сполук, включаючи ароматичні амінокислоти (тирозин, фенілаланін), похідні пурину (аденін, ксантин), нуклеозид (уридин) та рідкісний неціаногенний ціаноглюкозид, (−)-5-епі-літоспермозид. Їх ідентичність була підтверджена різними аналітичними інструментами: HRMS, кохроматографією зі стандартною сполукою або комплексними ЯМР-експериментами. За результатами кількісних досліджень: аденін (18,45±4,63 мг/кг), ксантин (10,53±2,98 мг/кг), уридин (42,84±9,26 мг/кг), тирозин (14,66±10,22 мг/кг), (−)-5-епі-літоспермозид (70,61±31,37 мг/кг) та фенілаланін (20,41±11,99 мг/кг).

Поліфенольні сполуки фацелієвого меду зумовлюють антиоксидантну, протизапальну та антимікробну дію. Серед флавоноїдів переважають кверцетин, апігенін, лютеолін та галангін. Фенольні кислоти представлені кофеїновою, феруловою та пара-кумаровою. Загальний вміст поліфенолів у межах від 20 до 35 мг на100 г меду.

Фацелієвий мед має виражену антиоксидантну активність, що пов’язано з наявністю флавоноїдів та фенольних кислот, високим вмістом ферментів (каталаза, інвертаза, глюкозооксидаза), мінеральними речовинами (цинк, мідь, марганець). За даними DPPH-тестів, антиоксидантна здатність фацелієвого меду є вищою, ніж у ріпакового та соняшникового, але нижчою, ніж у гречаного.

Мікроелементи фацелієвого меду представлені калієм, кальцієм, магнієм, залізом, фосфором. Специфічне співвідношення калію до натрію може слугувати маркером географічного та ботанічного походження меду. Мінерали меду беруть участь у регуляції кислотно-лужного балансу та метаболічних процесів організму людини.

Біологічна дія фацелієвого меду. Фацелієвий мед має виражену антимікробну дію проти грампозитивних бактерій (*Staphylococcus aureus*) та дріжджів (*Candida albicans*). Золотистий стафілокок (*S. aureus*) може зумовлювати широкий спектр захворювань, починаючи від легких шкірних інфекцій і закінчуючи важкими системними захворюваннями. Серед них, гнійні ураження шкіри (фурункули, карбункули, імпетиго, абсцеси), остеомієліт, стафілококовий сепсис, пневмонія, токсичний шок, а також харчові отруєння. *C. albicans* викликає захворювання кандидоз, що проявляється у різних формах, включаючи ураження шкіри, слизових оболонок та, у важких випадках, внутрішніх органів.

Фацелієвий мед також пригнічує кишкову паличку (*Escherichia coli*), яка може викликати різні захворювання, зокрема, інфекції сечовивідних шляхів (цистит, уретрит, пієлонефрит) та шлунково-кишкові інфекції.

Протизапальна дія фацелієвого меду зумовлена фенольними сполуками, особливо кверцетином. Кверцетин також відомий як вітамін Р. Він здатний нейтралізувати вільні радикали, захищаючи клітини від пошкоджень, що можуть призвести до різних захворювань; може пригнічувати вироблення певних речовин, що викликають запалення; зменшувати прояви алергічних реакцій, блокуючи вивільнення гістаміну; також має антидіуретичні та спазмолітичні властивості.

Фацелієвий мед, завдяки своєму специфічному комбінаторному складу, стимулює продукцію цитокінів у моноцитах, чим зумовлює імуномодулюючу дію, та як результат сприяє стійкості організму людини проти вірусів. Моноцити, як частина імунної системи, активно продукують цитокіни, білки, що регулюють імунні реакції та запалення. Зокрема, вони виробляють прозапальні цитокіни, такі як інтерлейкін-1β (IL-1β) та фактор некрозу пухлин альфа (ФНП-α), а також протизапальні цитокіни, наприклад, інтерлейкін-10 (IL-10). Ці цитокіни відіграють важливу роль у боротьбі з інфекціями, регулюють запалення та впливають на інші клітини імунної системи.

Медопродуктивність фацелії знаходиться у межах від 300 до 1200 кг з га суцільних посівів, на що впливає агротехніка, сорт, кількість опадів та інші природо кліматичні умови. В Україні є можливість сіяти поля фацелії у декілька строків створюючи пролонгований монофлорний медозбір. Використовуючи сім'ї середньої (6–8 вуличок) чи сильні (8 і більше розплідних стільників) є можливість зібрати монофлорне бджолине обніжжя чи мед (рис. 5.8).

За результатами експериментальних польових досліджень фацелії сорту NS Priora, що проводили Сербії (у несприятливий для виробництва 2019 рік), встановили, що місцевість мала статистично значущий вплив на тестовані морфо-продуктивні та якісні параметри фацелії ($p>0,5$) *(Popović et al., 2020).* Середньостатистичні показники висоти рослини становили 63 см, урожайності зерна – 810 кг/га, медопродуктивності – 750 кг/г. Вміст азоту в зерні коливався від 3,35% до 3,40%, білка – від 20,93% до 21,25%, целюлози – від 4,31% до 4,40%, золи – від 5,70% до 5,81% – залежно від місця вирощування.

На вміст біологічно-активних речовин фацелієвого меду можуть впливати клімат та ґрунти, де вирощується фацелія, технологія збору та зберігання меду (світло, температура, герметичність). Поряд з цим фацелієвий мед має чіткі відмінності від інших монофлорних сортів (таблиця 5.11).

Таблиця 5.11. Вміст флавоноїдів деяких сортів меду

Сорт меду	Флавоноїди, мг/100г	Антиоксидантна здатність
Гречаний	40–60	висока
Фацелієвий	20–35	середня-висока
Соняшниковий	10–15	низька
Акацієвий	5–12	низька

Примітка: *розроблено авторами на підґрунті попередніх досліджень.*

Зростаюча популярність монофлорного фацелієвого меду призвела до розробки нових аналітичних методів оцінки його **автентичності.** Так, *Stanek et. al. (2019)* застосували методи ВЕРХ та ВЕТШХ, що дозволило повністю диференціювати зразки фацелієвого меду в контексті вмісту пилку інших рослин. Таким чином, меди, що містять понад 45% пилку *Ph. tanacetifolia*, мали більше подібності у відповідних хроматограмах, що може вказувати на придатність вказаних методів для встановлення сортності меду.

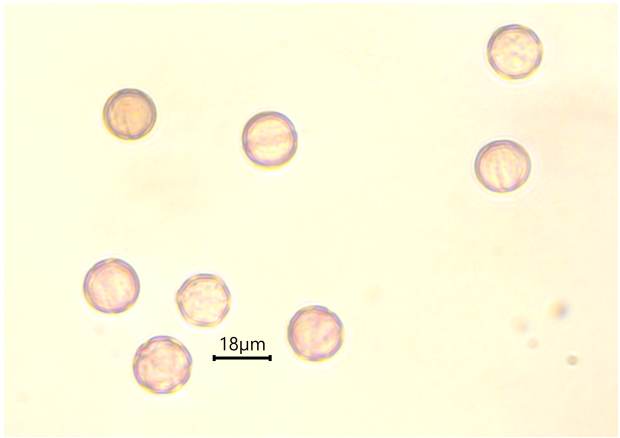
Доведено, що вміст (−)-5-епі-літоспермозиду (((2Z)-2-[(4R,5R,6S)-4,5-дигідрокси-6-(β-d-глюкопіранозил)оксициклогекс-2-ен-1-іліден]ацетонітрилу) суттєво корелює з відсотковим вмістом пилку *P. tanacetifolia (*$R2=0,5612$, $p<0,001$) і пропонується *Kuś et. al. (2018),* як потенційний маркер ботанічного походження фацелієвого меду.

Для ботанічної ідентифікації пропонують профілювання летких фракцій та застосування колірної моделі (координати CIE L*a*b*Cab*hab) фацелієвого меду.

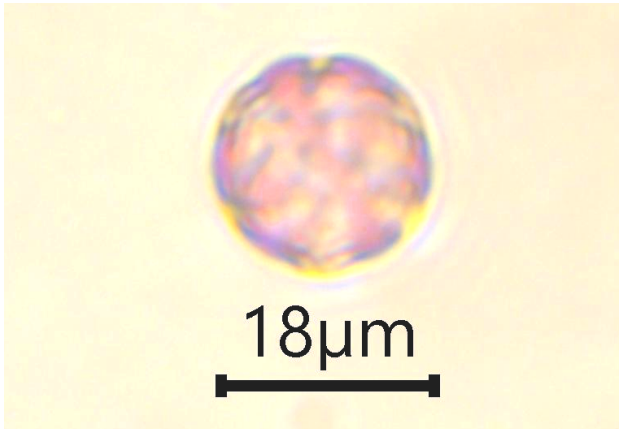
1

2

3



4



5

Рисунок. 5.8. Флорспеціалізація бджіл та пилковий профіль фацелієвого меду

Примітка. *1 – цвітіння масиву фацелії; 2 – бджола, що збирає нектар фацелії; 3 – бджола, що збирає пилок фацелії прокушуючи пиляки; 4 – пилковий профіль фацелієвого меду; 5 – морфологічні особливості пилкового зерна фацелії для ідентифікації меду.*

Фото авторів, 2025.

Зразки меду із усередненою монофлорністю 74,9% за результатами пилкового аналізу мали наступні параметрами кольору: L = 85,1; a* = −0,8; b* = 27,9; Cab* = 27,9; hab* = 91,9). Встановлено високу кількість транс-ліналоолоксиду (27,3–45,9%), що суттєво корелювала з % монофлорності, кількістю гексан-1-олом (4,4–5,7%) та лавандововим лактоном (0,8−1,5%). С13-норизопреноїди, головним чином (E)-/(Z)-3-оксо-ретро-α-іонол (4,7–5,4%; 6,9–9,4%) та воміфоліол (9,0–13,0%), домінували в USE-екстрактах фацелієвого меду (Kuś et. al., 2018[1]).

Методом твердофазної мікроекстракції з газовою хроматографією та мас-спектрометрією було ідентифіковано переважаючі сполуки – транс-ліналоолоксид, котрієнол, цис-ліналоолоксид та цис-епоксиліналоол *(Makowicz et. al., 2019).*

Маркування географічного походження через пилковий профіль та сортові ознаки. Визначення монофлорного фацелієвого меду, зокрема українського походження, базується на виявленні маркерних ознак ботанічного та географічного походження. Для фацелієвого меду з України можна визначити комплекс маркерів, які разом дають підстави для його автентифікації.

Використання пилкового (мелісопалінологічного) аналізу дозволяє встановити основний маркер – наявність пилку *Ph. tanacetifolia*, що становить ≥ 45% (у більшості міжнародних джерел – не менше 30%). Але для зразків меду з України ого краще тримати вищий поріг, бо в умовах суцільного посіву фацелії частка пилку зростає до 60–90%. Супутні пилки можуть слугувати додатковим маркером. До пилку в кількості до 16% можемо віднести *Brassica napus* (ріпак), *Barbarea vulgaris* (суріпиця), *Trifolium* spp. (конюшини), Asteraceae (айстрові), як от *Centaurea* spp. (волошки) та *Carduus* spp. (будяки). Як незначні включення можуть міститися пилки дерев – *Tilia* spp. (липи), *Salix* spp. (верби), *Robinia* spp. (робінії).

Органолептичні характеристики можуть використовуватися як індикативний маркер. Зважаючи на особисті дослідження, можливо скласти наступний органолептичний профіль фацелієвого меду.

Колір: світло-бурштиновий, світло-жовтий, може бути з блакитним або сіруватим відтінком, у рідкому стані – прозорий.

Смак: приємно-фруктовий, легкий, з легкими квітковими нотами.

Аромат: м'який, ненав'язливий, свіжий, характерний.

Кристалізація: дрібнозерниста, протягом 2–4 тижнів, з високим ступенем монофлорності – до 1 року зберігається у рідкому стані.

Консистенція: в'язка, тягуча у рідкому стані.

Зважаючи на власні та узагальнені дослідження інших вчених, вимоги нормативних документів до якісного меду, типові значення фізико-хімічних показників фацелієвого меду можна згрупувати, як наведено у таблиці 5.12.

Таблиця 5.12. Фізико-хімічні показники фацелієвого меду

Показник	Типове значення для фацелієвого меду	Коментар
Вміст води, %	17,0–18,5	як у більшості світлих медів, відповідає вимогам ДСТУ 4497:2005 до вищого сорту
Електропровідність, мС/см	0,15–0,30*	відповідає нектарному походженню
pH	3,6–4,2	середня кислотність
Вміст редукуючих (простих) цукрів, %	70–75	переважає фруктоза
Діастазне число, од. Готе	12–20	висока ферментативна активність
Гідроксиметилфурфурол, мг/кг	<15	відповідає вимогам, свіжість меду

Примітка. *За деякими науковими даними у межах від 3,77 до 4,16 мС/см; у власних дослідженнях отримано понад 2 мС/см, що свідчить про високу мінералізацію медів з України.*

Для профілювання, також можна використати поліфеноли. До особливостей поліфенольного профілю фацелієвого меду можна віднести переважання кверцетину, лютеоліну, апігеніну – серед флавоноїдів, та ферулової та пара-кумарової кислот – серед фенольних кислот. Варто додати загальний вміст фенольних сполук не менше 20 мг/100 г.

Для фацелієвого меду українського походження можливо використовувати геохімічний/мінеральний профіль. За умови вирощування фацелії на типових українських ґрунтах (чорноземи, сірі лісові, дерново-підзолисті), вміст мінералів можу бути наступним, мг/кг: Калій (K) 350–700; Магній (Mg) 20–35; Кальцій (Ca) 40–80; Цинк (Zn) 1,5–2,5. Співвідношення K/Na > 10 – характерне для медів з низьким ступенем техногенного навантаження.

ДНК-маркерна автентифікація може бути корисною за визначення фацелієвого меду з ультрафільтрацією, коли пилковий аналіз неможливий. Однак, не має потреби виділяти пилок, який формує біологічну дію (описано вище) фацелієвого меду. Тому ймовірно, ДНК-автентифікація більше стосується фальсифікації.

Фацелієвий мед з України вирізняється вищою чистотою ботанічного походження (пилок фацелії ≥45–60%), стабільним фенольним профілем з високою антиоксидантною активністю, екологічно чистим мінеральним складом, вищою ферментативною активністю порівняно з продуктами масового виробництва з Франції, США та Німеччини (табл. 5.13). Це створює передумови для розробки та реєстрації географічного зазначення (PGI/ГЗ) з подальшим виходом на європейські ринки як «українського монофлорного фацелієвого меду» з контрольованим походженням.

Для виявлення фальсифікації цукром (додавання або згодовування бджолам цукрових, глюкозно-фруктозних сиропів) та для підтвердження ботанічного походження використовують ізотопний аналіз ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$). Такі дослідження цінується при експорті в ЄС, Японію, США.

$\delta^{13}C$ (дельта-13-вуглець) показує співвідношення стабільних ізотопів вуглецю (^13C/^12C) у зразку меду відносно міжнародного стандарту (VPDB).

Він відображає тип фотосинтезу рослин, з яких походить нектар: С3-рослини (наприклад, акація, липа): $\delta^{13}C \approx$ -24‰ до -30‰. С4-рослини (наприклад, кукурудза, цукрова тростина): $\delta^{13}C \approx$ -10‰ до -16‰. $\delta^{15}N$ (дельта-15-азот): показує співвідношення ^15N/^14N відносно атмосферного азоту. Ізотопний аналіз вказує на тип ґрунту, де росли медоносні рослини, використання добрив (органічних чи синтетичних) та екологічні умови (наприклад, посуха, забруднення).

Мед, підсолоджений сиропами з С4-рослин (кукурудза, цукрова тростина), має менш негативні значення $\delta^{13}C$, що дозволяє виявити домішки та фальсифікації. $\delta^{13}C$ допомагає ідентифікувати, з яких рослин походить нектар. $\delta^{15}N$ може свідчити про агроекологічні практики, зокрема використання добрив або забруднення.

До прикладу, мед органічного походження має $\delta^{13}C$ від -25 до -28‰ та нижчі значення $\delta^{15}N$, натомість за інтинсивного землеробста та використання агрохімії $\delta^{13}C$ -23 до -26‰ та вищі значення $\delta^{15}N$.

Очікувані ізотопні характеристики для фацелієвого меду:

$\delta^{13}C \approx$ –25‰ до –28‰, фацелія – рослина з С3-фотосинтезом, як більшість медоносів помірного клімату;

$\delta^{15}N \approx$ +1‰ до +4‰, залежить від ґрунтів, добрив і екологічних умов вирощування, вищі значення можуть свідчити про інтенсивне землеробство або забруднення.

Потенційні сфери просування монофлорного фацелієвого меду. *Географічне зазначення (PGI/ГЗ).* Фацелія є нішевою культурою, тому український фацелієвий мед можна просувати як спеціалізований мед із регіональним походженням (наприклад, «Дніпровський фацелієвий мед»). Для цього варто описати типову зону виробництва, стандартизувати хімічні й ботанічні маркери, зареєструвати продукт у системі географічного зазначення (національній чи європейській).

Таблиця 5.13. Порівняльний аналіз фацелієвого меду з України та інших країн

Група показників	Україна	Німеччина	Франція	США
Агрокліматичні умови та призначення **Умови вирощування визначають не лише вміст нектару, а й спектр вторинних метаболітів, що потрапляють у мед*	переважно висівається на чорноземах та сірих лісових ґрунтах, часто як сидерат або медоносна культура в органічному або екологічному землеробстві	висівається як проміжна або медоносна культура, частіше на суглинках із помірною кількістю вологи		Часто висівається в посушливих регіонах (наприклад, Каліфорнія, Аризона) для приваблення запилювачів ні інші культури або як кормова культура
Пилковий профіль **Український фацелієвий мед має найвищу чистоту пилкового складу, що полегшує сертифікацію як монофлорного.*	частка пилку фацелії часто перевищує 45–60%, у випадку масивних посівів – більше 75%, що дає чітке маркування «монофлорний»	часто спостерігається суміш з пилком ріпаку, гірчиці, дерев (*Tilia, Robinia*), частка пилку фацелії 25–40%	пилковий профіль показує значну домішку *Lavandula*, *Trifolium*, особливо у південних регіонах	Через наявність диких видів фацелії (наприклад, *Ph. campanularia, Ph. minor*) склад пилку може бути змішаним; частка основної фацелії – часто нижча 30%.
Хімічний склад **Український фацелієвий мед, як правило, ферментативно активніший, особливо в регіонах з органічним пасічництвом*	електропровідність: 0,15–0,30 мС/см; фруктоза: 38–42%; діастазне число: 12–20 од. Готе	вища електропровідність (0,30–0,45), можлива через домішку пилку інших видів; діастазне число нижче (8–15 од. Шаде), через часті теплові обробки		часто високий вміст HMF (через пастеризацію), нижчий вміст ферментів
Фенольний профіль **Фенольний склад українського фацелієвого меду більш однорідний, із стабільно високою АОА*	високий вміст кверцетину, ферулової, п-кумарової кислот, сума фенолів 20–35 мг/100 г	більш багатий на галову кислоту та апігенін	підвищений вміст лютеоліну (ймовірно через пилок лаванди)	фенольний профіль нерівномірний, часто переважають низько активні фенольні сполуки

Продовження таблиці 5.13.

Група показників	Україна	Німеччина	Франція	США
Геохімічні маркери (мінеральний склад) **Український фацелієвий мед має чистіший мінеральний профіль, що важливо для екологічного маркування.*	високий вміст K, Mg, Ca, низький Na; співвідношення K/Na > 10	вищий вміст натрію і марганцю; іноді присутні важкі метали (через індустріальні регіони)	–	часто виявляють підвищений Al та Fe у посушливих зонах
Генетичні та інструментальні дослідження **Український фацелієвий мед перебуває на етапі створення повного наукового паспорта, але має потенціал як локальний маркований мед преміум-класу*	пилковий аналіз, починають застосовувати метабаркодинг та хемометрію	добре налагоджена система ІЧ-спектроскопії, є бази даних медів		ІЧ-Фур'є спектроскопія і високоефективна рідинна хроматографія, але рідко зосереджуються на меді з фацелії

Примітка. *Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел; АОА – антиоксидантна активність; ІЧ – інфрачервона; співвідношення K/Na > 10 (калій до натрію) у фацелієвому меді є важливим мінералогічним маркером ботанічного походження і означає, що що вміст калію в меді щонайменше в 10 разів перевищує вміст натрію.*

Пояснення

Співвідношення K/Na > 10: Калій (K) – основний макроелемент у нектарі більшості квіткових рослин, особливо С3-типу, до яких належить фацелія; Натрій (Na) – зазвичай присутній у значно менших кількостях у нектарі, але може зростати при забрудненні або домішках. Типові значення для фацелієвого меду: Калій (K) 300–800 мг/кг, Натрій (Na) 10–50 мг/кг, K/Na >10, іноді >20. Це також важливо для апітерапії, оскільки високий вміст калію позитивно впливає на серцево-судинну систему, а низький натрій – на баланс електролітів.

Алергенний потенціал / гіпоалергенність. Деякі дослідження (обмежені) вказують, що фацелієвий мед може бути гіпоалергенним через відсутність білків липи, пилку соняшника та пилку інших айстрових.

Особливості впливу на бджіл. Фацелія – рослина з високим нектаровиділенням (до 1,0–1,5 мг/квітку/добу), з високим вмістом цукрів і ферментів. Це сприяє підвищеному вмісту глюкози у меді, тим самим сприяє дрібнокристалічній кристалізації, як позитивної споживацької характеристики та легкорозчинного зимового корму для бджіл.

Споживчий профіль і маркетинг. Світлий, ароматний, ніжний мед з високою біологічною цінністю ідеально підходить для дитячого харчування, подарункових наборів, споживачів із гастроентерологічними обмеженнями (через відсутність подразнюючих кислот).

Вторинні метаболіти монофлорного фацелієвого меду з України. Вторинні метаболіти, або «трейси», у рослинах – це різноманітні органічні сполуки, які не є необхідними для росту та розвитку рослини, але виконують важливі функції, такі як захист від шкідників та хвороб, залучення запилювачів, конкуренція з іншими рослинами та адаптація до навколишнього середовища. Вони часто синтезуються у невеликих кількостях і можуть бути специфічними для певних видів рослин. Вторинні метаболіти в меді є не тільки біологічно активними сполуками, але й маркерами ботанічного походження. У фацелієвому меді, зібраному в Україні, ідентифіковано достатньо стабільний профіль фенольних сполук, флавоноїдів, летких речовин та слідів рослинних метаболітів, які потрапляють із нектаром.

Поліфенольні сполуки представленні фенольними (зокрема, гідроксибензойними та гідроксикоричними) кислотами, флавоноїдами (табл. 5.14), а також леткими ароматичними сполуками.

Таблиця 5.14. Вторинні метаболіти монофлорного фацелієвого меду з України

Сполука	Середній вміст (мг/100 г)	Біологічна дія
Фенольні кислоти		
Ферулова	1,2–2,4	протизапальна, антиоксидантна
пара-Кумарова	1,0–1,8	антимікробна
Кофеїнова	0,3–0,9	антиоксидантна
Синапінова	0,3–0,4	нейропротекторна
Хлорогенова	0,2–0,5	гіпоглікемічна дія
Флавоноїди		
Кверцетин	1,2–2,8	потужний антиоксидант, кардіопротектор
Апігенін	0,8–1,5	протизапальна дія
Лютеолін	0,6–1,2	протиракова активність (досліджується)
Галангін	0,4–0,9	протимікробний ефект
Рутин	до 0,6	капіляростабілізатор

Примітка. *Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел.*

Фенольні кислоти надходять із нектару фацелії або супутніх квітів і зберігаються в меді в стабільній формі. Український фацелієвий мед зазвичай має вищий вміст ферулової і пара-кумарової кислот порівняно з медом із соняшника чи ріпаку. Флавоноїди є ключовими антиоксидантами та антибактеріальними сполуками меду. Вміст флавоноїдів може бути вищим у меді з південних регіонів України, особливо при теплішому кліматі та стресових умовах для рослини (фенольний «відгук»).

Леткі ароматичні сполуки (леткі органічні сполуки) містяться у фацелієвому медові, як вторинні метаболіти та зумовлюють органолептичні властивості. Найхарактерніші серед них: нонаналь – зумовлює фруктовий аромат; бензальдегід – мигдалевий відтінок; 2-фенілетанол –

квітковий аромат (джерелом є саме нектар фацелії), гексанал, гептанон, октанол – легкі зелені та трав'яні тони. Ці леткі сполуки використовуються у газовій хроматографії (GC-MS) як ароматичні маркери фацелієвого походження.

Інші вторинні рослинні метаболіти, які були виявлені у невеликих кількостях у фацелієвому меді – таніни (з епідермісу квітки); глікозиди (пов'язані з глюкозою, зокрема апіїн, що є типовим для фацелії); іридоїдні сполуки (рідко, але характерні для родини Boraginaceae, до якої належить фацелія). Їх наявність не є обов'язковою для кожного зразка, але вони посилюють диференціацію сорту при мас-спектрометрії.

Ферменти також можуть слугувати функціональними маркерами монофлорного фацелієвого меду. Серед них, глюкозооксидаза (утворює пероксид водню, основа антимікробної дії), каталаза, інвертаза.

Поліфенольний профіль монофлорного фацелієвого меду наведений у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15. Загальний поліфенольний профіль

Показник	Значення
Сумарний вміст фенольних сполук (TPC), мг галової кислоти екв./100 г меду	20–35
Сумарний вміст флавоноїдів (TFC), мг рутину екв./100 г	8–18
Антиоксидантна активність за DPPH/FRAP, µmol Trolox/100 г	~150–250

Примітка. *Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел.*

HPLC-профіль фацелієвого меду з України, який показує наявність ключових вторинних метаболітів наведено на рис. 5.9.

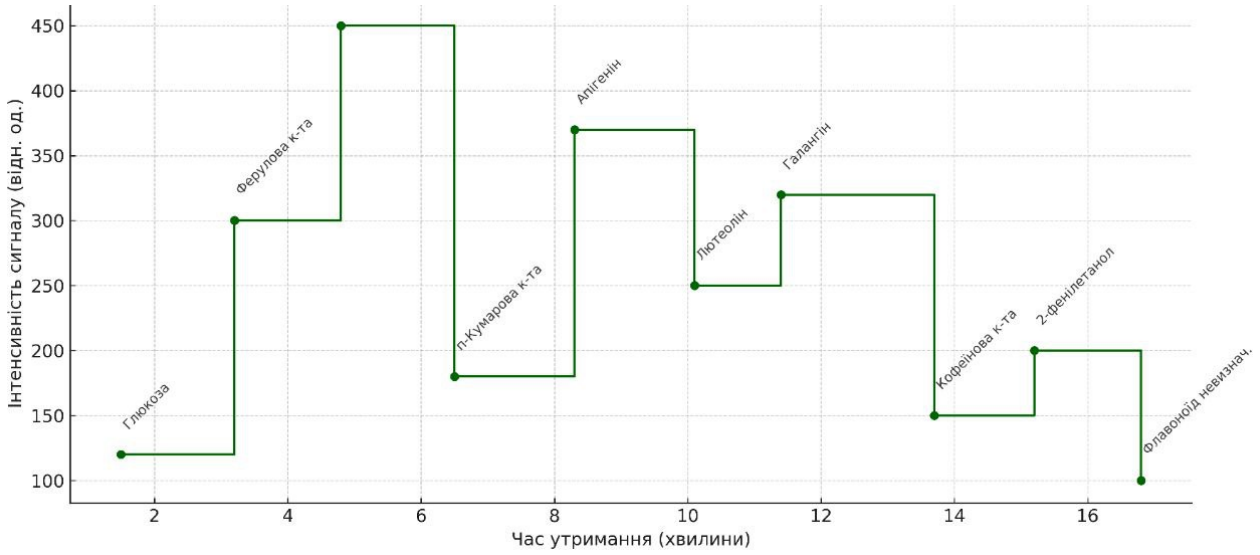


Рисунок. 5.9. HPLC-профіль монофлорного фацелієвого меду з України

Примітка. *Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел.*

Піки з коротким часом утримання (1,5–4,8 хв): типові для цукрів та фенольних кислот (глюкоза, ферулова, п-кумарова). Середні піки (6,5–11,4 хв): флавоноїди (кверцетин, апігенін, лютеолін). Пізні піки (13,7–16,8 хв): леткі речовини та невизначені поліфеноли.

Таким чином, монофлорний фацелієвий мед з України вирізняється стабільним профілем фенольних кислот і флавоноїдів; переважанням ферулової кислоти, кверцетину та апігеніну; високою антиоксидантною активністю серед світлих медів; унікальними леткими сполуками, що можуть бути використані як ароматичні та молекулярні маркери ботанічного походження. Цей спектр вторинних метаболітів робить фацелієвий мед перспективним для позиціонування як функціональний продукт, з потенціалом для медичної та нутрицевтичної сертифікації.

Регіони вирощування фацелії в Україні. Базуючись на експертних даних, агростатистиці та структурі агропромислового виробництва, можливо обґрунтувати регіони та площ посіву фацелії в областях України для отримання монофлорного фацелієвого меду.

Полісся (Житомирська, Волинська, Рівненська області) – сприятливий клімат для сидератів і медоносів. Очікувана середня медопродуктивність 150–300 кг/га, за оптимальних умов – до 500 кг/га.

Лісостеп (Черкаська, Київська, Кіровоградська, Вінницька) – значні площі посіву фацелії, як сидерату та медоносної культури з високою продуктивністю. Очікувана середня медопродуктивність 200–350 кг/га, за спеціальної агротехніки (міжряддя, культивація) – до 600–900 кг/га.

Степ (Херсонська, Миколаївська, Одеська) – фацелія вирощується в посушливому кліматі, але за умови зрошення – можливе дуже високе виробництво меду (400–500 кг/га, іноді до 1 т/га) через сприятливі нічні температури, теплі весни та можливість використання однієї площі два рази за сезон.

Карпати (Закарпаття, Івано-Франківщина) – вирощування невеликими партіями як «пасіка + сидерат» є популярним. Проте площі менш масштабні, частіше приватні ініціативи.

Зважаючи на це, можливо розробити розширену географію для ГЗ та починати працювати над сертифікацією (табл. 5.16).

Таблиця 5.16. Локалітети та очікувані врожаї монофлорного фацелієвого меду для ГЗ

Регіон	Типові області	Очікувані врожаї меду, кг/га	Особливості
Полісся	Житомир, Волинь, Рівне	150–300 (до 500)	адаптовані сорти, охолоджений клімат
Лісостеп	Черкаси, Київ, Вінниця, Кропивницький	200–350 (іноді 600–900)	органічне/екологічне виробництво
Степ	Одещина, Херсон, Миколаїв	300–500 (до 1000)	зрошення, тривале цвітіння
Захід	Івано-Франківськ, Закарпаття	<200	дрібні партії, ОСГ

Примітка. *Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел.*

Рекомендації до подальших дій для реєстрації ГЗ: 1) опитування пасічників у кожному регіоні щодо площ, практики, збору меду; 2) аналіз офіційної статистики або аграрних програм із сидеральної культури; 3) лабораторне порівняння меду із кожного регіону (пилковий, хімічний, фенольний профілі); 4) визначення меж ГЗ відносно ґрунтово-кліматичних зон; 5) маркетинговий портрет для кожного регіону (Степ – рекорд за обсягом, Полісся – екологічність, Захід – преміум продукція).

Відмінність меду за регіонами (Полісся, Лісостеп, Степ, Карпати) базується на агрокліматичних умовах, типі ґрунтів, тривалості цвітіння фацелії, а також супутній рослинності, що разом формує регіональний хімічний, пилковий, фенольний та геохімічний профіль меду для визначення маркерів регіональної ідентифікації фацелієвого меду з України (табл. 5.17–5.18).

Науковцями *(Inaudi et al., 2025)* вже доведено, що географічне походження суттєво впливає на мінеральний склад меду однакового ботанічного походження, особливо на рівні K, Na, Ca та важких металів. Мед з Єгипту має найвищі концентрації елементів, частково через годування бджіл сиропом і екологічне забруднення. Саудівський мед – навпаки, з мінімальними показниками. Туреччина, Іспанія, Італія та Балкани демонструють високі рівні мінералів і сліди техногенного впливу. Мед з Китаю має найменше слідів забруднення та пилку, що ймовірно зумовлено ультрафільтрацією. Такі варіації відображають вплив довкілля, технологій і ботанічного профілю на якість меду.

Таблиця 5.17. Можливі маркери регіональної ідентифікації фацелієвого меду з України, які можна використати для системи ГЗ

Показник	Полісся	Лісостеп	Степ	Карпати/ Захід
Хімічні маркери (параметри якості)				
Вміст води, %	17–19	16–18	15–17	18–20
Електропровідність, мС/см	0,15–0,25	0,20–0,30	0,25–0,35	0,18–0,26
Діастазне число, од. Готе	18–25	16–22	12–18	20–26
ГМФ, мг/кг	≤10	≤15	до 20	≤10
Пилковий профіль (мелісопалінологія)				
Основний пилок (*Phacelia*), %	55–75	45–65	40–55	50–70
Супутній пилок (типові домішки пилку)	*Calluna, Rubus, Tilia, Frangula, Pinus*	*Brassica, Robinia, Trifolium, Acer*	*Helianthus, Vicia, Chenopodium,* Asteraceae	*Castanea, Vaccinium, Trifolium, Pinus*

Примітка. *Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел.*

Таблиця 5.18. Можливі маркери регіональної ідентифікації фацелієвого меду з України, які можна використати для системи ГЗ

Показник	Полісся	Лісостеп	Степ	Карпати/ Захід
Фенольний профіль				
Ферулова кислота	+++	++	++	++
Кверцетин	++	+++	++	+++
Апігенін	+	++	++	+
Лютеолін	сліди	сліди	++	+++
Галова кислота	-	+	++	++
Синапінова кислота	+	сліди	сліди	+
Мінеральний / геохімічний склад				
K (Калій)	високо (300–500 мг/кг)	середньо	високо	помірно
Na (Натрій)	низько	низько	трохи вище (сухість)	низько
Mg (Магній)	високо	високо	помірно	високо
Fe (Залізо)	помірно	помірно	підвищено	підвищено
Zn (Цинк), Cu (Мідь)	нижче	середньо	середньо	вищі значення

Примітка. *Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел.*

Таким чином, з регіонів Полісся і Карпат потенційно можливо отримати найменші партії, що зумовлюють найменшу обробку меду та відповідно найвищу ферментативну активність. У типових областях Степу ймовірний вищий показник ГМФ через спеку та логістику. Супутні пилки є регіональними маркерами, які можливо виявити під час мелісопалінології. Карпатський і Лісостеповий фацелієвий мед потенційно містить більше флавоноїдів деревного походження, відповідно Степовий – більше антиоксидантних кислот бур'янової флори. Співвідношення K/Na та Mg/Fe можуть бути потенційними регіональними маркерами за використання мас-спектрометрії. Дані з табл. 5.18 вказують на біохімічну ідентичність фацелієвого меду з різних географічних регіонів України. Завдяки аналізу фенольних сполук, таких як ферулова кислота, кверцетин, апігенін та інші, формуються унікальні маркери географічного походження, що дозволяє верифікувати регіон виробництва.

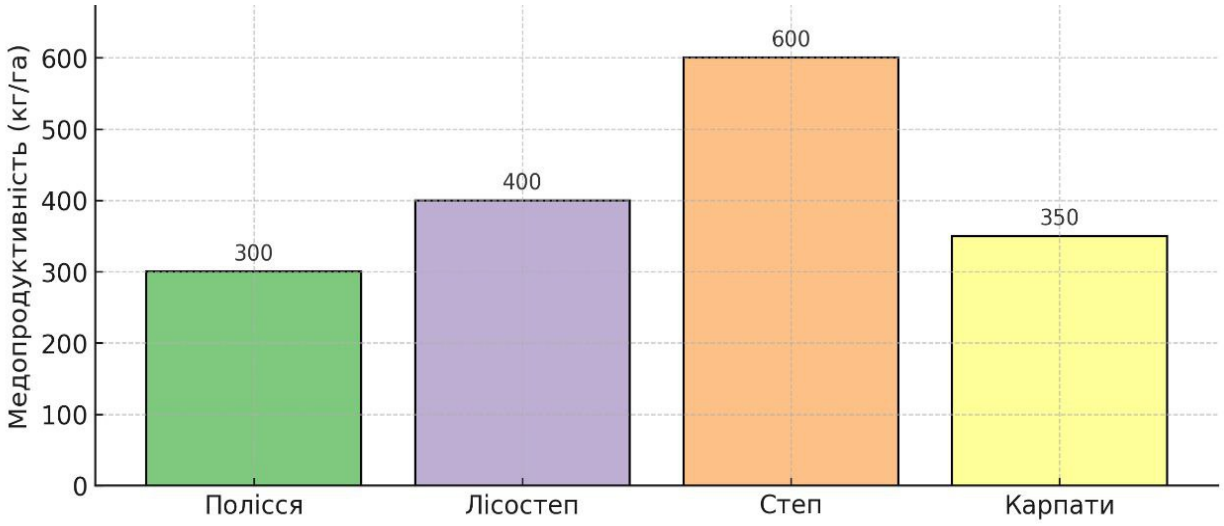
Залежно від регіону агротехніка вирощування буде відрізнятися (табл. 5.19, рис. 5.10).

Таблиця 5.19. Рекомендації з вирощування фацелії у різних регіонах України

Показник	Полісся	Лісостеп	Степ	Карпати/ Захід
Оптимальні строки посіву	I–II декада травня кінець	квітня – початок травня	середина квітня – початок травня	середина травня (після дощів)
Глибина загортання, см	1,5–2,0	2,0	2,5	1,5
Норма висіву (насіння), кг/га	10–12	8–10	6–8	10–12
Кількість укосів (зрізів)	1–2	2	2–3*	1
Полив	не обов'язковий	бажаний на пісках	критично важливий (зрошення)	не потрібен
Тривалість цвітіння, днів	20–25	30–35	35–50	20–30

Примітка. ** у разі використання як сидерат або на корм. Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел.*

Стратегії збільшення обсягів отримання фацелієвого меду загалом полягають у підвищені нектаропродуктивності рослини та тривалості цвітіння масиву. Рекомендують використовувати строки сібви близькі до літнього сонцестояння що зумовить найвищу інтенсивність нектару в довгі дні. Для фацелії внесення бору та магнію активізує нектаровиділення та підвищує цукристість нектару. Зрошення в Степу збільшує продуктивність у 2–3 рази. Використання сидеральних попередників (люпин, гірчиця) покращує ґрунт, що також сприяє збільшенню нектаровиділення. Також, вважають, що посів фацелії після багаторічних трав зумовлює меншу забур'яненість та більшу розгалуженість кущів, відповідно квіток та нектару.



	Посів	Норма висіву	Полив	Цвітіння
Полісся	I-II декада травня	11 кг/га	Не обов'язковий	25 дн.
Лісостеп	Квітень–травень	9 кг/га	Бажано	35 дн.
Степ	Середина квітня	7 кг/га	Обов'язковий	45 дн.
Карпати	Середина травня	11 кг/га	Не потрібен	30 дн.

Рис. 5.10. Особливості вирощування фацелії для отримання монофлорного мед з ГЗ у різних регіонах України

Примітка. *Розроблено автором на основі аналізу літературних джерел.*

Фацелію радять використовувати у різних еко методах сільськогосподарського землекористування. Зокрема, у поживні посіви / квітучі смуги для запилювачів. Це можуть бути змішані рядки з фацелією, гречкою, буркуном або чебрецем. Такі смуги сприяють збільшенню нектарного фону та залученню диких запилювачів; збереженню ґрунтів і води.

Для тривалого (до 60 днів) безперервне цвітіння фацелії та медозбору застосовують регульований мульти-цвіт (багатофазна сівба). Для цього посів фацелії здійснюють партіями через кожні 10 днів (на 3–4 етапи). У посушливих регіонах можливо застосовувати сумісний посів з низькорослих медоносами, як от біла конюшина, для створення «живої мульчі». Такий підхід, зменшує ерозію, утримує вологу, живить бджіл після фацелії.

Нектаропродуктивність підвищує також внесення у ґрунт ферментованого компосту, біогумусу, вермиекстракту; відсутність синтетичних ЗЗР. Такий підхід сприяє реєстрації меду з екомаркуванням.

Фацелієвий мед є цінним джерелом біологічно активних речовин, особливо флавоноїдів і фенольних кислот, які забезпечують йому антиоксидантні, протизапальні та імуномодулюючі властивості. Це відкриває перспективу для брендингу, маркування та визнання українського меду як продукту з доданою цінністю. Його потенціал як функціонального продукту харчування заслуговує на подальше дослідження, зокрема в галузі нутриціології та фітотерапії. Монофлорний фацелієвий мед має потенціал до отримання ГЗ.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 5.6

Alvarez-Suarez, J. M., Gasparrini, M., Forbes-Hernandez, T. Y., Mazzoni, L., & Giampieri, F. (2014). The composition and biological activity of honey: A focus on Manuka honey. Foods, 3(3), 420–432. https://doi.org/10.3390/foods3030420

Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., & Battino, M. (2013). Honey as a source of dietary antioxidants: Structures, bioavailability and evidence of protective effects against human chronic diseases. *Current Medicinal Chemistry*, 20(5), 621–638. https://doi.org/10.2174/0929867311320050006

da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309–323. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051

EU Pollinator Initiative. (2020). Guidelines for pollinator-friendly farming practices. https://ec.europa.eu/environment/pollinators/

Gheldof, N., Wang, X. H., & Engeseth, N. J. (2002). Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 5870–5877. https://doi.org/10.1021/jf0256135

Inaudi, P., Garzino, M., Abollino, O., Malandrino, M., & Giacomino, A. (2025). Honey: Inorganic Composition as Possible Marker for Botanical and Geological Assignment. *Molecules*, *30*(7), 1466.

Infoindustria. (2023). З гектара квітучої фацелії бджоли збирають у середній смузі України 150–250 кг меду. https://infoindustria.com.ua/z-gektara-kvituchoyi-fatseliyi-bdzholi-zbirayut-v-seredniy-smuzi-ukrayini-150-250-kg-medu

Kędzia, B., & Hołderna-Kędzia, E. (2008). Chemical composition and health-promoting properties of honey. Postępy Fitoterapii, 4, 240–248.

Khalil, M. I., Sulaiman, S. A., & Boukraa, L. (2010). Antioxidant properties of honey and its role in preventing health disorder. *The Open Nutraceuticals Journal*, 3, 6–16. https://doi.org/10.2174/1876396001003020006

Kowalski, S., Makarewicz, M., Ziemlewska, A., & Jankowska, A. (2020). Mineral composition of honey from different regions of Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 107. https://doi.org/10.1007/s10661-019-8043-7

Kuś, P. M., Jerković, I., Marijanović, Z., Kranjac, M., & Tuberoso, C. I. (2018[1]). Unlocking Phacelia tanacetifolia Benth. honey characterization through melissopalynological analysis, color

determination and volatiles chemical profiling. *Food research international*, *106*, 243–253. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.065

Kuś, P. M., Włodarczyk, M., & Tuberoso, C. I. (2018). Nitrogen compounds in Phacelia tanacetifolia Benth. honey: First time report on occurrence of (−)-5-epi-lithospermoside, uridine, adenine and xanthine in honey. *Food Chemistry*, *255*, 332−339. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.093

Makowicz, E., Jasicka-Misiak, I., Teper, D., & Kafarski, P. (2019). Botanical Origin authentication of polish phacelia honey using the combination of volatile fraction profiling by HS-SPME and lipophilic fraction profiling by HPTLC. *Chromatographia*, *82*, 1541-1553. https://doi.org/10.1007/s10337-019-03778-x

Palamarchuk, I., Adamchuk, L., Palamarchuk, V., Andrushchenko, M., Priss, O., Glowacki, S., Hutsol, T., & Bezaltychna, O. (2024). Assessment of the Ecological Safety of Honey with the Help of "Factor Area" Models. *Sustainability*, *16*(22), 9960. https://doi.org/10.3390/su16229960

Pasini, F., Gardini, S., Marcazzan, G. L., Caboni, M. F., & Toschi, T. G. (2013). Effect of the floral origin on the content of flavonoids and phenolic acids in Italian honeys. *Food Chemistry*, 153, 15–23. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.047

Popović, V., Vučković, S., Dolijanović, Ž., Mihailović, V., Ignjatov, M., Ljubičić, N., & Aćimović, M. (2020). Phacelia honey productivity in relation to locality of cultivation. In *GEA (Geo Eco-Eco Agro) International Conference* (pp. 60−75).

Souzagro. (2024). Фацелія як агротехнічна культура для посушливих регіонів. https://souzagro.in.ua

Stanek, N., Teper, D., Kafarski, P., & Jasicka-Misiak, I. (2019). Authentication of phacelia honeys (Phacelia tanacetifolia) based on a combination of HPLC and HPTLC analyses as well as spectrophotometric measurements. *Lwt*, *107*, 199−207.

Tsavea, E., Tsavea, D., & Karabagias, I. K. (2022). Phacelia tanacetifolia honey: Quality parameters and potential as functional food. Journal of Apicultural Research, 61(1), 55–63. https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1882231

Vanhanen, L. P., Emmertz, A., & Savage, G. P. (2011). Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. Food Chemistry, 128(1), 236–240. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.030

Vit, P., & Pulcini, P. (2019). Phenolic compounds and antioxidant activity in honey: A review. Bee World, 96(2), 51–57. https://doi.org/10.1080/0005772X.2019.1608657

Адамчук, Л., Дудченко, Н., Лісогурська, Д., & Пилипко, К. (2021). Дослідження оригінальних сортів меду. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*, *4*(1), 137–157.

Андрієнко, Т. (2021). Фенольні сполуки у меду: потенціал для ідентифікації географічного походження. АгроХімЖурнал, 27(2), 21–29.

Баранець, В. (2020). Фацелія – медонос, сидерат і кормова культура. Propozitsiya.com. https://propozitsiya.com/ua/faceliya-medonos-siderat-ta-kormova-kultura

Зінченко, І., & Петренко, С. (2022). Біологічні особливості фацелії та її роль у підвищенні продуктивності бджолиних сімей. *Вісник аграрної науки*, 10(3), 38–42.

Інститут бджільництва ім. П. І. Прокоповича НААН України. (2021). Рекомендації з вирощування фацелії для потреб бджільництва (неопубл. матеріали семінарів).

РОЗДІЛ 6

ПРОДУКТИ БДЖІЛЬНИЦТВА У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Леонора Адамчук
доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник
Інститут ветеринарної медицини НААН
02000, вул. Донецька, 30, м. Київ, Україна
ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб»
07401, вул. Дмитра Янченка, 2, м. Бровари, Київська обл., Україна
✉ *leonora.adamchuk@gmail.com*
ORCID *https://orcid.org/0000-0003-2015-7956*

Leonora Adamchuk
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher
Institute of Veterinary Medicine, NAAS
02000, Donetska St., 30, Kyiv, Ukraine
IRI «Ukrainian Science Hub»
07401, Dmytra Yanchenko St., 2, Brovary, Kyiv Region, Ukraine

Артем Антонів
PhD з харчових технологій,
ПНУ «Юкрейніен Саєнс Хаб»
07401, вул. Дмитра Янченка, 2, м. Бровари, Київська обл., Україна
✉ *artemantoniv@gmail.com*
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-6614-4248*

Artem Antoniv
PhD in Food Technology,
IRI «Ukrainian Science Hub»
07401, Dmytra Yanchenko St., 2, Brovary, Kyiv Region, Ukraine

Ян Бріндза
PhD з біотехнологічних наук, доцент,
Сільськогосподарський університет в Нітрі,
Словацька Республіка
Трієда Андрея Глінку 2, Хренова, 949 76 Нітра,
Словацька Республіка
✉ jan.brindza@uniag.sk
ORCID https://orcid.org/0000-0001-8388-8233

Brindza Jan
PhD in Biotechnology Science, Associate Professor
Slovak University of Agriculture in Nitra
Trieda Andreja Hlinku 2, Chrenová, 949 76 Nitra,
Slovak Republic

У розділі наведено науково-практичне обґрунтування використання продуктів бджільництва (меду, бджолиного обніжжя, перги, прополісу, маточного бджолиного молочка) у технологіях здорового харчування як біологічно активних інгредієнтів. Подано результати аналітичних досліджень щодо підбору сировини та інноваційних харчових технологій для розроблення рецептур десерту медового оздоровчого призначення та м'ясних снеків тривалого зберігання без використання консервантів. Проведено аналіз результатів споживчого оцінювання нового медового десерту оздоровчого призначення. Розроблена технологія оздоровчих м'ясних снеків тривалого терміну зберігання. Наведено результати досліджень якості та безпечності м'ясних снеків з додаванням продуктів бджільництва.

This Chapter presents scientific and practical justification for the use of bee products (honey, bee pollen, bee bread, propolis, royal jelly) in healthy nutrition technologies as biologically active ingredients. It includes the results of analytical research concerning the selection of raw materials and innovative food processing methods for the development of recipes for therapeutic honey-based desserts and long-shelf-life meat snacks without the use of preservatives. An evaluation of consumer perception of the newly developed honey dessert intended for health promotion has been conducted. Production technology for health-enhancing meat snacks with extended shelf life has been developed. The Chapter also provides the results of quality and safety assessments of meat snacks enriched with bee products.

6.1. Використання біологічно активних продуктів бджільництва у технологіях здорового харчування

Леонора Адамчук, Ян Бріндза

Формування безпечності та якості продукції бджільництва, як і будь-якого іншого продовольства, починається на етапі вибору природо кліматичних та екологічних умов виробництва і належного господарювання. Зважаючи на природнє походження меду, бджолиного обніжжя і перги та їх основну функцію (повноцінне живлення особин бджолиної сім'ї), умови довкілля та ведення належної практики бджільництва, відіграють провідну роль у формуванні якості продуктів бджільництва, як предметів перероблення у харчову продукцію.

Основними чинниками впливу біосфери на безпечність та якість продукції бджільництва є накопичення та перехід токсикантів різної природи через ґрунт, воду, повітря у нектар, пилок і віск, з подальшим переходом у продукцію бджільництва. Накопичення засобів захисту рослин та інших агрохімікатів прямо впливає на безпечність продукції бджільництва. У зв'язку із погіршенням екологічного стану довкілля є необхідність перегляду існуючих норм контролювання безпечності продукції бджільництва, як сировини для харчової промисловості.

В процесі виробництва та перероблення, за недотримання принципів належної бджільницької практики та/або санітарно-гігієнічних норм виробництва можлива контамінація продукції бджільництва та погіршення показників її безпечності та якості. Зокрема, до критичного впливу на безпечність та якість продукції бджільництва відносять: випадки недотримання температурних режимів теплової обробки меду під час гомогенізації, розпускання, фасування; недотримання належних умов застосування ветеринарних препаратів під час лікування чи профілактики хвороб бджіл, що призводить до накопичення антибіотиків; мікробіологічне псування через недотримання основних технологічних регламентів щодо виробництва, перероблення та зберігання; значне погіршення поживної цінності перги внаслідок застосування класичної технології видобування зі стільників та контамінація токсикантами, які знаходяться у воску. Україна до російського вторгнення (у 2022 р.) займала лідируючі позиції у світі щодо експорту меду, як сировини для подальшого перероблення. Однак, більшого економічного ефекту буде досягнуто з формуванням доданої вартості до меду, бджолиного обніжжя й перги. Для цього необхідно переглянути основні принципи їх використання як предметів перероблення у харчову продукцію, використовуючи передовий досвід щодо запобігання фальсифікації, ідентифікації та боротьба з шахрайством, відповідності тенденціям світового ринку та гармонізації діючих нормативних документів що регулюють її безпечність та якість. Лише за цього, продукти бджільництва можуть використовуватися у технологіях здорового харчування.

6.1.1. Мед, як предмет технологічного перероблення в харчові продукти. Мед, як продукт харчування здебільшого споживається як готовий повноцінний продукт. В той же час мед може бути інгредієнтом інших харчових продуктів за умови відомого стабільного складу та властивостей, як це характерно для монофлорних медів. Поряд з цим, мед часто використовують у рецептурах продукції харчування. *Šedík et al. (2019)* відзначають, що у таких країнах як Словаччина і Румунія споживачі однаково відносять мед як до категорії їжа так і до категорії ліки. Проте більшість споживачів переконані, що мед має лікувальну дію.

Неабиякої популярності набуває використання меду, як натурального підсолоджувача у вигляді порошку для харчової промисловості. Для цього використовують метод сублімаційної сушки. Так, метою роботи *Samborska et al. (2021)* було отримати та охарактеризувати порошкоподібний мед, що містить значно більшу кількість меду, ніж повідомлялося в літературі раніше. У дослідженні автори використали повітря з низькою вологістю у якості осушувача. Замість традиційного сушильного носія мальтодекстрину застосували Nutriose® (кукурудзяний декстрин), що характеризується пребіотичними властивостями. В результаті отримали порошок меду, що містять 80% твердого меду, з виходом понад 80%.

Rivero et al. (2021) проведено дослідження сублімаційного сушіння трьох видів меду (евкаліптового, цитрусового та з різнотрав'я прерій) у різній комбінації з гуміарабіком та концентратом протеїну сироватки. За результатами дослідження науковці відзначають, що медові порошки можна використовувати в різних продуктах харчової промисловості, як харчові інгредієнти або безпосередньо як природні підсолоджувачі, сприяючи та диверсифікуючи споживання меду. Ботанічне походження мало вплинуло на фізико-хімічні характеристики, але продемонструвало відмінності лише в АОА (найвищі значення показав мед з різнотрав'я прерій).

Suhag et al. (2021) проведено дослідження висушеного меду, збагаченого амлою (*Emblica officinalis* Gaertn) і туласі (*Ocimum sanctum*). Екстракт був розроблений з використанням осушувачів – гуміарабіка (GA), мальтодекстрину (MD) і концентрату протеїну сироватки (WPC). Результати показали найвищий Tg (86,13 °C) був характерний для порошку меду на основі WPC, що, у свою чергу, призвело до найменшої липкості порівняно з порошками на основі GA та MD з Tg 74,53°C та 68,26°C відповідно.

Широке застосування меду у молочних продуктах. *Sarkar & Chandra (2020)* прийшли до висновку, що мед може бути інгредієнтом, що покращує йогурт. Мед можна безпечно використовувати в поєднанні з різними пробіотичними культурами під час виробництва йогурту для підвищення його функціональних властивостей. Однак, автори зауважують, що мед може бути неоднаково придатною матрицею для всіх культур йогурту або пробіотичних культур.

Mohan et al. (2020) дослідження було спрямоване на оцінку впливу антибактеріального меду з мануки (*Leptospermum scoparium*) на ріст пробіотиків і сенсорні характеристики потенційно синбіотичних йогуртів, виготовлених з *Lactobacillus reuteri.* Підсолоджені медом йогурти мали більш сприятливий профіль метаболітів бродіння (особливо молочна та пропіонова кислоти). Кількість пробіотиків у медовому йогурті з манука AMF15 (7 log КУО/мл) після трьох тижнів зберігання в холодильнику була вище рекомендованих рівнів дозування та у порівнянні до інших медових йогуртів (Manuka Blend і UMF18) ($p < 0,05$). Таким чином, медовий йогурт манука AMF15 можна розглядати, як ефективний функціональний продукт харчування з покращеними фізико-хімічними характеристиками (в'язкість та інші)

Інша наукова робота *(Rahim & Sarbon, 2019)* була спрямована на визначення фізико-хімічних та сенсорних властивостей морозива з меду акації, змішаного з різними типами гідроколоїдів. Науковці відзначають, що додавання 15% меду акації до морозива призвело до покращення кількох характеристик.

Dimitreli et al. (2019) проведено дослідження впливу постферментаційного додавання ялицевого (падевого) меду та гранатового соку на фізико-хімічні, реологічні та сенсорні характеристики кисломолочних продуктів за різної жирності. За результатами сенсорного дослідження, встановили, що додавання меду зменшує інтенсивність червоного кольору та кислотність, одночасно збільшуючи в'язкість та солодкість продукту. В'язкість зразків збільшувалася разом з вмістом жиру до концентрації 2,5%, але подальше її збільшення до 3,5 % виявило протилежний вплив на в'язкість.

Найбільше мед використовується у приготуванні кондитерських виробів. *Kaur et al. (2018)* було розроблено зернові безглютенові батончики для споживачів із непереносимістю глютену. У якості зв'язуючої речовини був використаний мед. Застосовані у складі такі інгредієнти: кіноа, коричневий рис, насіння льону та сухофруктів. За результатами дослідження чотири рецептури були розроблені з використанням різних комбінацій зерен та різним вмістом меду (40, 50 і 60 %). В результаті сенсорного оцінювання, рецептура з 50 % вмістом меду була визнана найкращою.

Наукова робота *Pintado et al. (2020)* мала на меті отримати новий смаковий продукт, що може бути позначений такими висловами як: «з низьким вмістом насичених жирів», «без додавання цукру», «без солі» та «джерело клітковини» (згідно 31. Regulation (EC) No 1924/2006). За результатами дослідження було запропоновано оптимальну рецептуру

батончика з 50 г 100 г -1 черешні, 35 г 100 г -1 мигдалю, 15 г 100 г -1 меду, запікати в духовці при 120 ºС 13 хв.

Sahlan et al. (2019) було використано мед, як підсолоджувач у цукерках. За результатами дослідження було виготовлено медові цукерки, що мають вміст води (0,09–0,62%) та золи (0,04–0,54%), відповідають вимогам стандарту SNI 3545–2013. *Yuliati & Hamzah (2022)* дослідили виготовлення шоколаду із місцевого продукту Gulo Puan (Індонезія) із вмістом меду. Результат дослідження показав, що збільшення вмісту какао-порошку призводить до збільшення щільності текстури та зольності плитки шоколаду, але має тенденцію до зниження вмісту вологи. При підвищенні концентрації меду текстура шоколадної плитки зменшується, але дещо підвищується вміст вологи та золи.

Teixeira-Lemos et al. (2021) було розроблено желе із зменшеним вмістом цукру та додавання оздоровчих інгредієнтів. Для дослідження було виготовлено желе двох рецептур: перша містила апельсиновий сік злегка підсолоджена медом, а інша – суміш ягід. Результати мікробіологічного аналізу показали, що обидві рецептури желе придатні для споживання відповідно до законодавства ЄС. Харчова цінність желе з медом склала 73,8 ккал/100 г, а з суміші ягід – 39,8 ккал/100 г відповідно, що в п’ять і дев’ять разів нижче, ніж аналогічні комерційні продукти.

Деякі вчені проводять дослідження спрямовані на застосування меду для продовження терміну зберігання. *Yuliati & Ali (2019)* проведено дослідження впливу меду на збереження хімічних властивостей яєць підчас їх пастеризації. Доведено, що додавання 9 % меду дозволило підвищити АОА та зберегти хімічні властивості пастеризованих яєць ($P < 0,01$).

Hakim & Tjahjaningsih (2019) відзначають, що молочна риба (*Chanos chanos*), зварена під високим тиском, схильна до швидкого псування під час зберігання за кімнатної температури, оскільки має відносно високий вміст води та білка. Науковці провели дослідження впливу меду як природнього консерванту проти загальної кількості бактерій та органолептичних показників під час зберігання за кімнатної температури. В результаті було відзначено, що концентрація 30% розчину меду дозволила продовжити термін зберігання продукту до 72 год за кімнатної температури.

Найпростішим способом введення прополісу у раціон людини вважають додавання його як складника до меду. *Habryka et al. (2020)* встановили, що додавання екстракту прополісу до меду спричинило значне збільшення вмісту поліфенольних сполук, у тому числі флавоноїдів та фенольних кислот, серед яких хризин, піноцембрин, р-кумарова, ферулова кислота. Отримані результати свідчать про те, що мед, доповнений екстрактом прополісу, може бути чудовим джерелом антиоксидантних сполук. Однак кількість використовуваної добавки у рецептурах залежить від зміни сенсорних характеристик та їх прийнятності споживачем, адже прополіс змінює смак меду.

Фрукти важливі для підтримки здоров’я людини завдяки наявності різноманітних поживних речовин. Зокрема, авокадо (*Persea americana*) вважають клімактеричним фруктом та джерелом енергії *(Arachchige et al. 2019).* Серед проблем їх виробництва, вважають швидке псування та короткий термін зберігання, що призводить до утворення великої кількості відходів у пікові сезони. *Arachchige et al. (2019)* розробили новий продукт з використанням м’якоті авокадо для зменшення післязбиральних втрат плодів – масло авокадо. До його складу входять вершкове масло, сіль, кориця, мед і альфа-токоферол. Усі інгредієнти надають кінцевому продукту унікальні поживні характеристики. Завдяки комбінації заморожування та додавання меду, кориці, масло авокадо може зберігатися протягом значного періоду часу. Автори вважають продукт хорошим способом експортувати авокадо в інші країни.

Ali et al. (2022) для продовження терміну зберігання фісташок використовували астрагаловий мед і карбоксиметилцелюлозу (carboxymethylcellulose) для створення нового харчового покриття і контролю окислювання. Ядра фісташок покривали різними концентраціями меду (0,1 і 2 %) і карбоксиметилцелюлози (1%). Зразки зберігали за кімнатної температури 120 днів. Кількість бактерій і грибків, параметри окислення, втрата маси та твердість зразків фісташок підвищувалися, але вологість та сенсорні показники під час

зберігання знижувалися. Ядра фісташок, покриті медом (2 %) і карбоксиметилцелюлози (1 %), мали найменшу кількість мікроорганізмів, втрату ваги, анізидину, вільних жирних кислот та твердість текстури при зберіганні ($P < 0,05$). Також, ядра фісташок покриті медом найменше змінювали колір. У межах власного теоретико-аналітичного дослідження було встановлено використання продуктів бджільництва у кухнях різних країнах світу впродовж історичного розвитку людства *(Topal et al., 2021).*

Найдавніші археологічні докази взаємодії людини з продуктами бджільництва відносяться до палеоліту. Відомо, що шумери, які жили в Месопотамії близько 3000 років до нашої ери, також сприймали мед як ліки. Під час дослідження могил Єгипетських фараонів знайшли сухий мед віком 3200 років, а звіти з табличок віком 4000 років свідчать про те, що стародавні єгиптяни використовували мед для їжі, лікування та релігійних цілей. Мед також був широко присутній в етруської та румунської кухні та медицині *(Fontana & Fontana, 2020).* У слов'ян бджільництво є традиційним заняттям. Зокрема, мед є частиною обрядової культури та народних звичаїв українського народу, особливо традиційної кухні, описи чого існують з 1843 року *(Мовна, 2017).*

Мед, який відігравав важливу роль у харчуванні людини з доісторичних часів, протягом історії використовувався в різних сферах, особливо в медицині, фармації та косметиці. Мед, будучи різноманітним у різних культурах, у давнину вважався священним. У легендах Платон розповідає, що в саду Зевса Пор сп'янів від нектару, ще до того, як стало відомо про вино, а Порфірій, філософ-неоплатонік, стверджує, що Зевс «сп'янів» Кроноса медом. У свідомості стародавніх греків мед і напої на основі меду домінували в ті часи, до того, як Кронос був повалений, і до того, як боги відійшли від прямого спілкування зі смертними *(Carlson, 2015).*

Використання меду в релігійних церемоніях було досить поширеним серед хетів, вулики яких охоронялися законом. У той час медом, змішаним з оливковою олією, поливали м'ясо для посилення смаженого смаку. Перси використовували мед у жертвоприношеннях богам (Bulut and Lenger, 2015). У класичні часи Греції та Риму мед широко використовувався для маринування м'яса, у різноманітних соусах, стравах і десертах. Кулінарна книга «De Re Coquinaria» Марка Ґавія Апіціуса, відомого шеф-кухаря Стародавнього Риму, який жив між 1-м століттям до нашої ери та 1-м століттям нашої ери містить рецепт основної страви Dulcia Piperata – медовий пиріг з перцем *(Floris & Fontana, 2020).*

Однією з найдавніших страв Італії є «abbamele» або «абамеле», яке виготовляється ексклюзивно на Сардинії. Абамеле отримують із стільників, меду та перги. Мед із стільників відбирають вручну, стільники подрібнюють і занурюють у теплу воду. Після розплавлення віск відокремлюється від меду та перги, а сироп, що залишився, нагрівали та випаровували до карамелізації цукрів. Аббамеле можна їсти з сиром, свіжими фруктами або навіть макаронами чи овочами *(Floris et al., 2020).*

Поряд з медом у харчовому ланцюгу відповідних періодів також були знайдені мед (медове вино) та медовий оцет *(Dalby & Grainger, 1996).* Першим напоєм людства була медовуха, яку отримували шляхом змішування меду з водою та бродіння. Слово «мед» походить від латинського «hydromeli», що походить від давньогрецького «udor», що означає вода, і «meli», що означає мед *(Kılıçbay, 2010).* Мед, який використовується як підсолоджувач у багатьох цивілізаціях, вважається основним підсолоджувачем в османській кухні *(Bilgin, 2010)*. У 9–10 століттях давні слов'янські племена готували з медом алкогольні напої природного бродіння – медовуху, пиво, квас, збитень. З Лаврентіївського кодексу відомо, як древляни варили мед на поминки чоловіка княгині Ольги (київської княгині з 945 по 964 рік) за її наказом. Це відкрило шлях до вшанування цим напоєм великих вельмож *(Melnychuk & Karabin, 1992)* Рецепти старовинних медовух збереглися в кількох публікаціях давньосхіднослов'янською мовою *(Сушко, 1891; Kablukov and Pisarev, 1899)*, а традиція медовухи продовжується й зараз на сучасному рівні *(Горніч, 2019; Адамчук та ін., 2020)*

В останні роки люди прагнуть правильно харчуватися для здорового життя, і харчова промисловість пропонує споживачам продукти, які відповідають цій тенденції. У дослідженнях останніх 10–15 років, продукти бджільництва, такі як мед, бджолине обніжжя,

перга, апіларніл, личинки бджіл, маточне молочко та прополіс, у світі набувають значення як функціональні харчові продукти з їх поживними та оздоровчими властивостями *(Bobis et al., 2010; Ajibola et al., 2012; Margaoan et al., 2019; Margaoan et al., 2020)*. Продукти бджільництва містять багато біохімічних компонентів, протеїни, сахариди, жирні кислоти, пребіотики, пробіотики, клітковину, фітохімічні речовини, біоактивні пептиди, мінерали, вітаміни та органічні кислоти *(Yucel et al., 2017).*

У останні 5–8 років у наукових працях з'явився нові терміни «Api-diet» та «Api-nutritio» *(Topal et al., 2016)*. Під апі-дієтою/харчуванням розуміють використання продуктів бджільництва в харчуванні та дієтах. У результаті використання продуктів бджільництва у харчових, утворюються нові смаки, наприклад, мед і обніжжя додають в йогурт, морозиво та інші десерти *(Zlatev et al., 2018)*. Вживання обніжжя та перги перед сніданком сприяє виведенню токсинів з організму. Розчинення столової ложки свіжого обніжжя в 200 мл води, змішаної зі свіжовичавленим соком, є джерелом енергії перед сніданком, сприяє зниженню ваги *(Topal et al., 2016).*

6.1.2. Бджолине обніжжя і перга, як предмети технологічного перероблення в харчову продукцію. Складність використання цих продуктів бджільництва у харчовій промисловості пов'язана з їх природнім походженням та основним складником – квітковим пилком.

Пилок рослин є досить відомим алергеном, що може викликати серйозні наслідки для життя людини, особливо дітей. Синдром харчової алергії на пилок (PFAS) є складним синдромом, що створює діагностичну та терапевтичну проблему *(Carlson & Coop, 2019; Yagami & Ebisawa, 2019).*

Незважаючи на це, пилкові зерна використовують в інноваційних харчових технологіях. Харчові біоактивні речовини можуть потребувати захисту під час транспортування через шлунково-кишковий тракт. Зростаючий попит споживачів на натуральні інгредієнти спонукав дослідників шукати нові екологічні рішення. *Schouten et al. (2022)* почали отримувати капсули екзини спорополеніну (SECs) з пилку обніжжя шляхом вимивання білків та інших складових. SEC – це порожні частинки, які можна легко заповнити гідрофобними та гідрофільними мало молекулярними сполуками, а також білками, ферментами та навіть живими про біотичними бактеріями. Вивільнення сполук з SEC регулюється пасивною дифузією і може бути додатково модуляване покриттям SEC шаром ліпідів, білків або полісахаридів. Наявність ефективних систем для отримання універсального інструменту без алергенів для інкапсуляції та доставки різноманітних харчових біологічно активних речовин робить цей ресурс цінним для досліджень і практичного застосування.

Salazar-González et al. (2018) відзначають, що бджолине обніжжя є джерелом поживних речовин для людини та необхідно зосередитись на його застосуванні в харчовій промисловості. Ними було розроблено нову методологію обробки даних зображень для класифікації бджолиного обніжжя, як інгредієнта харчової промисловості. Було встановлено сім груп кольорів у зразках щодо місяця збирання та розміру пилкових грудочок. Ця методологія також дозволила відібрати кожну фракцію для різних застосувань у харчовій промисловості за допомогою колориметрії, гранулометрії та співвідношення між ними. *Novaković et al. (2021)* досліджували вплив додавання до сосисок порошку з бджолиного обніжжя у різних концентраціях (0,0, 0,5, 1,0 і 1,5 г/100 г) на антиоксидантний потенціал та окислювальні зміни під час зберігання продукту, без шкідливого впливу на якість сосиски. Автори відзначають, що під час холодного зберігання сосисок спостерігали зменшення популяції психротрофних бактерій внаслідок додавання обніжжя і більших концентраціях (1,0 і 1,5 г/100 г). Науковці прийшли до висновку, що порошок бджолиного обніжжя, як натуральний компонент можна використовувати як антиоксидант, та вважають перспективними подальші дослідження для повної відмови від синтетичних антиоксидантів.

de Florio Almeida et al. (2017) було проведено дослідження оцінювання AOA ліофілізованого екстракту бджолиного обніжжя (LBP) у ковбасних виробах із свинини.

Ковбасні вироби оцінювали на окислення ліпідів у день їх виробництва та кожні п’ять днів протягом 30 днів зберігання при 4°C за допомогою реактивних речовин, що реагують на тіобарбітурову кислоту (TBARS). За результатами дослідження автори відзначають, що екстракт LBP проявляв високу антиоксидантну дію в ковбасах. Автори це пояснювали, високою АОА обніжжя і наявністю фенольних сполук у бджолиному обніжжі.

Heldt et al. (2019) дослідили вплив додавання бджолиного обніжжя в яловичий бургер на окислювальну стабільність. Визначали також антиоксидантні властивості, основний хімічний склад і вітаміни. Бджолине обніжжя можна вважати багатим джерелом вітаміну B6 (4,96 мг/100 г бджолиного обніжжя), а концентрації вітаміну B1 і B2 становили 0,74 мг/100 г і 0,78 мг/100 г відповідно. Бургери з яловичини, що містять бджолине обніжжя, інгібували 31,78 % окислення ліпідів наприкінці експерименту. Таким чином, сильний антиоксидантний ефект і висока поживна цінність бджолиного обніжжя свідчать про його потенційне застосування як природного антиоксиданту в м’ясних продуктах.

Kostić et al. (2021) провели дослідження біодоступності поліфенолів та антиоксидантних властивостей термічно обробленого знежиреного козячого молока, збагаченого бджолиним обніжжям з соняшнику. Аналіз ВЕРХ (HPLC) підтвердив, що збагачене обніжжям молоко містило флавоноли, як основну фенольну фракцію (80,7–76,2%), та фенольні кислоти (14,2–17,4%). Застосовані і аналізи АОА підтвердили багатофункціональність збагаченого продукту. Він мав високу антирадикальну здатність (ABTS•+) та містив новоутворені хелатні комплекси з іонами Fe 2+.

Thakur & Nanda (2022) досліджено збагачене бджолиним обніжжям сухе молоко та терміни його зберігання в різних умовах. Зразки порошку мали діаметр частинок (D50) від 22,39 ± 0,16 до 157,48 ± 0,25 мкм, який різко збільшувався через 6 місяців. Індекс когезії показав майже легку текучу поведінку порошку, упакованого ALP (від 11,08 ± 0,10 до 14,67 ± 0,11 мм), що зберігався при 5 і 25 °C. В результаті наковці прийшли до висновку, що дослідження можуть сприяти обробці та застосуванню сухого молока, збагаченого бджолиним обніжжям, у харчовій промисловості. *Thakur et al. (2021)* було проведено дослідження спрямоване на розробку функціонального сухого молока, що інкапсулює пилкові грудки бджолиного обніжжя. Виробництво функціонального сухого молока було успішно оптимізовано за проектом Box-Behnken з використанням температури повітря на вході (180–200 °C), швидкості подачі (8–10 мл/хв) та бджолиного обніжжя (5–15%), як незалежних змінних. Оптимальними умовами сушіння розпиленням для отримання сухого молока були температура повітря на вході 187,58 °C, швидкість потоку корму 8,94 мл/хв і 8,04% бджолиного обніжжя.

Yan et al. (2021) відзначають, що бджолине обніжжя є хорошим джерелом поживних речовин з профілактичною дією проти метаболічного синдрому та подальшого цукрового діабету II типу та серцево-судинних захворювань. Було проведено дослідження зміни характеристик хліба в результаті додавання бджолиного обніжжя. Виявлено, що додавання бджолиного обніжжя значно підвищує рівень харчових волокон, тіаміну та рибофлавіну, а також вміст фенолів та АОА. При змішуванні пшеничного борошна з 20 до 25% бджолиного обніжжя антиоксидантна активність хліба ефективно збільшувалася, тоді як при додаванні 20% бджолиного обніжжя значно погіршувався питомий об’єм, пружність, твердість і жування. Додавання 10% бджолиного обніжжя сприяло утриманню води та затримки черствіння хліба.

Conte et al. (2020) дослідили вплив додавання бджолиного обніжжя (1, 2, 3, 4, 5%) на поживні, біологічно активні та ароматичні властивості технологічно життєздатного безглютенового хліба. Включення бджолиного обніжжя в хліб збільшувало кількість білків, мінералів, розчинних і біодоступних поліфенолів, загального вмісту каротиноїдів та антирадикальної активності майже на всіх рівнях (2–5%). Науковці відзначають, що додавання бджолиного обніжжя покращило ароматичний профіль безглютенового хліба.

Dundar (2021) було досліджено використання бджолиного обніжжя (5, 10, 15 %) як функціонального інгредієнта для печива. З додаванням бджолиного обніжжя вміст вуглеводів

у печиві зменшився, тоді як загальний вміст мінералів, білка та жиру, індекс потемніння та твердість печива зросли. ТРС збагаченого печива було визначено як 352,70–401,13 мг/100 г, з яких 92,27–93,16% становили вміст фенолів, що гідролізуються, і лише 8,55–9,26% ТРС були біодоступними. Крім того, печиво, виготовлене з додаванням бджолиного обніжжя, було більш привабливим за органолептичними характеристиками.

Anjos et al. (2019) дослідили АОА бджолиного обніжжя (Cistus ladanifer) в контексті виробництва чорного пудингу. Для цього було виготовлено три рецептури чорного пудингу, що містять різні антиоксидантні сполуки (аскорбат натрію, бджолине обніжжя та екстракт бджолиного обніжжя). Під час зберігання чорного пудингу спостерігалися невеликі коливання вологості та pH. Щодо окислення ліпідів, то воно зросло в середньому з 1,36 мг до 2,11 мг малонового діальдегіду/кг м'яса. Відмінності між трьома складами були суттєвими лише в перші дні зберігання. Сенсорна оцінка між продуктами не відрізнялася. Ці результати дозволяють припустити, що бджолине обніжжя може використовуватися, як природний антиоксидант в м'ясних продуктах, за умови ретельного маркування для попередження споживачів-алергіків.

Stan (2018) було розроблено та досліджено рецептури цитрусового соку, збагаченого бджолиним обніжжям і медом, за поживністю та сприйняттям споживачами, вмістом поліфенолів та АОА. Додавання бджолиного обніжжя та меду до соку цитрусових значно змінило ($p<0,05$) загальний вміст поліфенолів та АОА у порівнянні з звичайним цитрусовим соком. Гедонічний бал соку з пилком становив 7,29 ± 1,61, що нижче ніж у звичайного (8,04 ± 0,73). Більше 70% респондентів заявили, що куплять цей напій через корисну дію бджолиного обніжжя. Бджолине обніжжя є одним із зручних варіантів з багатьох доступних на ринку, які використовуються для підвищення харчової цінності напоїв.

Одним з основних аспектів, що визначають якість вина, є його ароматичний профіль. Недолік поживних речовин у суслі може призвести до дефектів запаху та погіршення якості вина. У цих випадках до сусла зазвичай додають комерційні активатори та поживні речовини. Природний склад бджолиного обніжжя може забезпечити всі необхідні поживні речовини для дріжджів. З огляду на це, було досліджено вплив додавання обніжжя на профіль летких та інших сенсорних сполук у червоних винах з винограду Тінтилла де Рота *(Amores-Arrocha et al., 2020)*. Вчені відзначають, що аналіз значень активності запаху показав збільшення в основному фруктових ароматів, а потім квіткових, для всіх вин з додаванням обніжжя. Сенсорний аналіз показав, що низькі дози обніжжя (0,1 г/л і 0,25 г/л) посилюють смакові нотки фруктових і квіткових атрибутів, а також ряд фруктово-квіткових ароматизаторів, підкреслюючи в основному збільшення червоних і чорних фруктових ноток. З іншого боку, високі дози відхиляли сенсорний профіль у бік м'ясистих кісточкових плодів і, в основному, родзинок. Крім того, високі дози бджолиного обніжжя призводять до збільшення категорії запаху, що відповідає переважно за хімічні, жирні та трав'яні аромати, а високі та проміжні дози (1 г/л) посилюють земляні нотки в ароматах. Раніше проведені дослідження *Amores-Arrocha et al. (2018)*, щодо впливу бджолиного обніжжя на аромат білих вин підтверджують отримані результати і щодо червоних.

Brochard et al. (2021) провели дослідження з розробки збагачених макаронних виробів, що містять каштанове борошно (25–55%) і порошок бджолиного обніжжя (5–20%), окремо або в комбінації. Результати показали, що додавання каштанового борошна понад 40% до макаронів з пшеничним борошном скорочує оптимальний час приготування та знижує вихід страви після варіння. За додавання цієї ж концентрації до макаронів, приготованих з пшеничного борошна та яєць, дозволяє підтримувати приблизно постійний вихід при варінні. Крім того, додавання порошку бджолиного обніжжя (до 20%) у макарони, приготовані з пшеничного борошна та води або свіжого яйця, скоротило час варіння та вихід, як у свіжих, так і в сушених макаронах. Найбільш підходящими відсотками нових інгредієнтів були 50% для каштана і 10% для обніжжя. Приготування свіжих або сушених макаронних виробів, збагачених обома інгредієнтами, зробило макарони прозорими і трохи липкими. З іншого боку, додавання каштанового борошна та порошку обніжжя в рецептуру макаронних виробів

забезпечило поживно збалансований продукт з високим вмістом клітковини, вітамінів і мінералів. Загалом каштанове борошно та обніжжя є перспективними інгредієнтами для розробки функціональних рецептур свіжих і сушених макаронних виробів.

Як уже зазначалося вище, перга утворюється бджолами з бджолиного обніжжя після його ферментації у стільниках. В той же час отримання перги є досить затратним, оскільки в класичний спосіб передбачає руйнування стільників після їх заморожування. Такий технологічний процес приводить до збільшення собівартості перги, як продукту у порівнянні з бджолиним обніжжям (*Адамчук та ін., 2018*). Тому, *Mora-Adames et al. (2021)* було досліджено можливості виробництва ферментованого бджолиного обніжжя як альтернативу перзі у комерційних обсягах.

Було визначено, що суміш вода/бджолине обніжжя у співвідношенні 2:1 з початковим pH, доведеним до 5,8, попередньо оброблена теплом/тиском (10 хв; 80 кПа; 115°C), є достатнім субстратом для експериментального молочного бродіння для всіх молочнокислих заквасок. За вибраних умов визначали кінетику утворення молочної кислоти та зростання специфічних молочних бактерій. Тривалість процесу ферментації становила 30 год, після чого спостерігалося значне зниження популяції бактерій. Результати підкреслюють доцільність виробництва ферментованого бджолиного обніжжя в комерційних обсягах, як функціонального харчового продукту з пробіотичними властивостями.

Mironescu et al. (2019) було проведено дослідження фізико-хімічних, сенсорних та механічних властивостей їстівних плівок на основі крохмалю, які містять три типи продуктів бджільництва: мед, прополіс та пергу, у концентраціях від 1 до 3%, у співвідношенні до крохмалю. Результати свідчать про підвищення вологості плівок, активності води, зольності та кислотності в порядку: мед<прополіс<перга, всі значення зростають із збільшенням відсотка продуктів бджільництва у контрольній плівці. Сенсорний аналіз показав, що мед найкраще підходить для покращення смаку та аромату, а перга – для збільшення інтенсивності кольору плівок; сенсорні характеристики зберігаються протягом 30 днів зберігання плівки у всіх випадках. Порівняно з контрольною плівкою на основі крохмалю (еластичною, крихкою і твердою) плівки, що містять 2% продуктів бджільництва, є еластичними та більш стійкими до проникнення, стійкість зростає в порядку: перга < прополіс.

Smuga-Kogut et al. (2020) було запропоновано новий продукт «ікра з перги». Науковці у своєму дослідженні визначили термін придатності, сенсорні та фізико-хімічні властивості нового продукту. Ікра з перги, отримана шляхом іммобілізації на альгінатному носії, містила 0,34 мг GAE/мл екстракту. Він залишався стабільним до п’яти днів після приготування. Його загальна кислотність становила 33,7 мвал/кг. Вміст його екстракту становив 22,53%. Ікра мала високий загальний сенсорний бал 4,8 бала за 5-бальною шкалою. Ікру з перги можна з успіхом віднести до пробіотичної їжі, оскільки вона містить велику кількість молочної кислоти. Одним із продуктів комфортного та функціонального харчування у вигляді ікри може стати нова, приваблива й зручна форма споживання перги.

Наведені результати теоретико-аналітичного огляду підтверджують актуальність використання обніжжя й перги у технологіях здорового харчування.

6.1.3. Аналітичний огляд ринку сировини та інноваційних технологій оздоровчих харчових продуктів рослинного походження. За оцінками Всесвітньої організації з охорони здоров’я 600 мільйонів людей, тобто майже кожен десятий житель планети, страждають від споживання неякісних харчових продуктів. Щороку 420 000 людей помирають через вживання небезпечної їжі. Діарейні захворювання є найпоширенішими хворобами, які розвиваються в результаті вживання небезпечної їжі: 550 млн. людей хворіють і 230 000 помирають від небезпечної їжі щороку *(State Enterprise Center of Public Health of the Ministry of Health of Ukraine, 2024*). У зв’язку з розвитком інформаційних технологій люди стали більш свідомими до харчових продуктів які вони споживають. Оскільки у масмаркеті спостерігається дефіцит продуктів оздоровчого спрямування і профіцит шкідливої їжі, споживачу часто не вистачає таких функціональних елементів як вітаміни, каротиноїди, природні антиоксиданти, білки,

жирні кислоти, полісахариди та інше. Однією з причин такого дисбалансу, як визначав *Sychevskyi (2019)* досліджуючи харчову промисловість як основу продовольчої безпеки та розвитку держави, є виробництво промисловістю великої кількості продукції, яка не відповідає вимогам за показниками біологічної цінності.

Досліджуючи питання функціональності харчових компонентів та нових технологій *Galanakis (2021)* представлено поживні та функціональні харчові інгредієнти, наведено широко застосовувані терміни біоактивність, біодоступність і біологічна засвоюваність. Також було обговорено вплив нетермічних технологій на функціональні властивості білків, вуглеводів, ліпідів, мінералів, вітамінів, поліфенолів, глюкозинолатів, поліфенолів, ароматичних сполук і ферментів. Нетеплові технології, як нові способи виробництва харчових продуктів можуть підтримувати біодоступність харчових компонентів, покращувати функціональні та технологічні властивості і підвищувати врожайність сільськогосподарських культур.

Окремі дослідження *Granato et al. (2020)* були присвячені вивченню функціональних харчових продуктів, їхній розробці, технологічним тенденціям, тестуванням на ефективність та безпечність. Виробники харчових продуктів інвестують ресурси в розроблення перероблених харчових продуктів, які можуть забезпечити додаткові функціональні переваги для здоров'я споживачів. Варто зазначити, що через національні норми та цільові терміни придатності в різних країнах значення та визначення цього терміну все ще залишається неоднозначним у всьому світі. Авторами *Gallego et al. (2018)* описано найпоширеніші функціональні інгредієнти, такі як поліненасичені жирні кислоти, пробіотики/пребіотики/синбіотики та антиоксиданти, а також технічні засоби їхнього додавання до харчових продуктів. Також науковці надають низку рекомендацій та кроків, які повинні зробити харчові компанії, щоб гарантувати, що продукти, які вони розробляють, є дійсно функціональними та корисними для здорового харчування. Водночас *Brown et al. (2018)* вказують, що є унікальні проблеми щодо клінічних випробувань використання функціональних харчових продуктів.

Ботанічні препарати, такі як рослинні продукти та нутрицевтики, часто можуть розглядати як низькоризикові через їхню довгу історію використання людиною. Опрацьовуючи в процесі огляду літератури доступну інформацію та звіти про побічні ефекти та клінічні дослідження з рослинними продуктами, робимо висновки, що вони постійно збільшуються, але багато повідомлень є неповними та суперечливими. Так, ботанічні препарати, зокрема рослинні продукти, це складні продукти, що містять більше одного активного інгредієнта. Дослідження в цьому напрямі можуть бути заплутаними через різні виробничі процеси та рецептури, включаючи косметику та харчові добавки; навколишнє середовище; хіміотипи; неправильну ідентифікацію або фальсифікацію.

Згідно з *Resolution NAS of Ukraine No. 189 (2011)* щодо концепції Державної науково-технічної програми «Біофортифікація та функціональні продукти на основі рослинної сировини на 2012–2016 роки» поміж результатів досліджень, впроваджених у виробництво були нові сорти рослин, виведені з урахуванням стратегії біофортифікації; хліб, хлібобулочні та борошняні кондитерські вироби, що містять вітаміни групи В, А, Е, кальцій, залізо, йод та селен; молоко та молочні продукти, що містять полівітамінні комплекси, молочнокислі бактерії та закваски; низькокалорійні олійно-жирові продукти, що містять функціональні інгредієнти; безалкогольні напої з екстрактами лікарських рослин. Також прийнятий план дій з харчування, з ліквідації хронічного дефіциту основних вітамінів, мінералів та інших незамінних сполук у раціоні харчування.

Технології оздоровчих продуктів з додаванням рослинної сировини можуть включати в себе різноманітні методи обробки, виготовлення та вилучення, які спрямовані на збагачення продуктів біологічно активними речовинами, збереження корисних властивостей рослинних компонентів, покращення їх ефективності дії на організм людини, зменшенню відходів від виробництва аналогів на основі штучної або тваринної сировини, підвищення економічної ефективності, створення робочих місць, а також підвищення асортименту та задоволення

потреб споживачів. Так, авторами *Antoniv et al. (2022)* в дослідженні було показано, як змінилися показники якості хліба через заміну цукру ріпаковим медом для виробництва. Було встановлено, що використання меду в рецептурі прискорює процес бродіння тіста в 1,5–2,0 рази, встановлено, що дріжджі більш активні в медовому середовищі, а сенсорні характеристики дослідних зразків відповідали вимогам національних стандартів України.

Особливо актуальним на сьогодні є створення оздоровчих десертів та кондитерських виробів, які мають збагачений поживний склад, зменшений або змінений вміст цукрів. Одним із способів цього досягти, вбачаємо, використання рослинної сировини у поєднанні з продуктами бджільництва. Тому, метою цього дослідження було проаналізувати ринок сировини та існуючі інноваційні харчові технології оздоровчих продуктів з рослинної сировини.

Дослідження проводили на базі лабораторій кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України впродовж січня-лютого 2024 р.

Матеріалом для написання роботи слугувала науково-технічна та офіційна статистична інформація, проаналізована та узагальнена за допомогою теоретичних та статистичних методів дослідження. У процесі роботи використовувалися загальноприйняті методи і прийоми: абстрактно-логічний, індуктивний і дедуктивний, аналітичний, синтетичний, аналогічний і порівняльний методи, а також методи аналізу і синтезу. У процесі дослідження опрацьовано наукову, науково-технічну літературу з наукометричних та реферативних баз даних Scopus, Web of Science та Google Scholar, Міністерства аграрної політики та продовольства України, Міністерства економіки України, Національної академії аграрних наук України. Нормативно-технічна інформація була використана з відповідних установ, організацій та відомств, зокрема Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України, Державної служби статистики України. Вихідні дані були отримані на запит від Державної служби статистики України. Статистична обробка та порівняння отриманих даних здійснювалися за допомогою вбудованих статистичних функцій MS Excel та представлені на рисунках цього підрозділу.

Для визначення обсягу виробництва харчових продуктів аналізували інформацію *State statistics service of Ukraine, (2024)* за 2014, 2019–2023 роки за двома періодами січень-вересень та січень-грудень. Для відстеження динаміки обсягів виробництва овочевих та ягідних культур на станом 01 грудня розглядали періоди 2019–2021 років для господарств всіх категорій та окремо для підприємств та господарств населення за даними *State statistics service of Ukraine, (2024).* Вказані проміжки вибрані через те, що Державна служба статистики України ще не оприлюднила всі дані за повний 2023 календарний рік для виробництва харчових продуктів та не оприлюднює останні зміни обсягів виробництва овочевих та ягідних. Окрім того, необхідно було також порівняти обсяги виробництва за першу половину року та за весь рік загалом для визначення, коли впродовж року є перевага у виробництві окремих продуктів чи культур. Також обрані проміжки часу для проведення дослідження дають змогу отримати дані щодо ситуації в різних галузях виробництва продуктів та культур в Україні, провести комплексний аналіз, порівняння та сформувати загальні висновки щодо мети цього дослідження. Окремо визначали товарну структуру оптового товарообороту фруктів та овочів перероблених за 2018–2021 років, обсяг виробництва дитячого харчування та дієтичних харчових продуктів за 2019–2023 роки за двома періодами січень-вересень та січень-грудень. Обсяги виробництва какао, шоколаду та цукрових кондитерських виробів визначали за 2014, 2019–2023 роки також за двома періодами січень-вересень та січень-грудень. Додатково аналізували середньодобове споживання населенням основних мікро- та макронутрієнтів у складі всіх харчових продуктів та окремо у складі харчових продуктів рослинного походження, поміж яких калорійність, кальцій, ретинол, еквівалент бета- каротину, еквівалент ретинолу і бета-каротину (RET+ 1/6 B-CARQ), аскорбінова кислота, протеїн, жири, залізо, ніацин, тіамін та рибофлавін в розрізі

2000-2020 років за даними *Balances and consumption of the main food products by population of Ukraine (2021).*

Тенденції ринку оздоровчих харчових продуктів. Підвищення попиту на товари оздоровчої дії забезпечили стрімкий розвиток галузі за останні 10 років. Як вказує. *Molodid (2021),* спостерігається стабільний ріст галузі у світі, так на 2015 рік вартість ринку оздоровчих продуктів становила 3,7 трлн. доларів, а станом на 2020 рік його вартість перевищувала 5 трлн. доларів. Основне завдання ринку харчової промисловості оздоровчої дії полягає у створенні безпечних, доступних і збалансованих за складом харчових продуктів. Аналіз проведений *Mokhonko & Klymenko (2020)* тенденцій розвитку світового ринку показує що, розширення асортименту традиційних харчових продуктів становив 2–3% на рік, тоді як продуктів оздоровчого напряму на 40–50%. Як вказують *Dyskina & Bohachenko (2016)* зростання попиту пов'язане із усвідомленням споживачів важливості здорового харчування та використання екологічних технологій.

Для врахування тенденцій ринку оздоровчих харчових продуктів попередньо важливо було визначити обсяг виробництва харчових продуктів (вимірювальний в млн. грн без ПДВ та акцизу). Так, результати визначення обсягу виробництва харчових продуктів в Україні наведено на рис. 6.1.

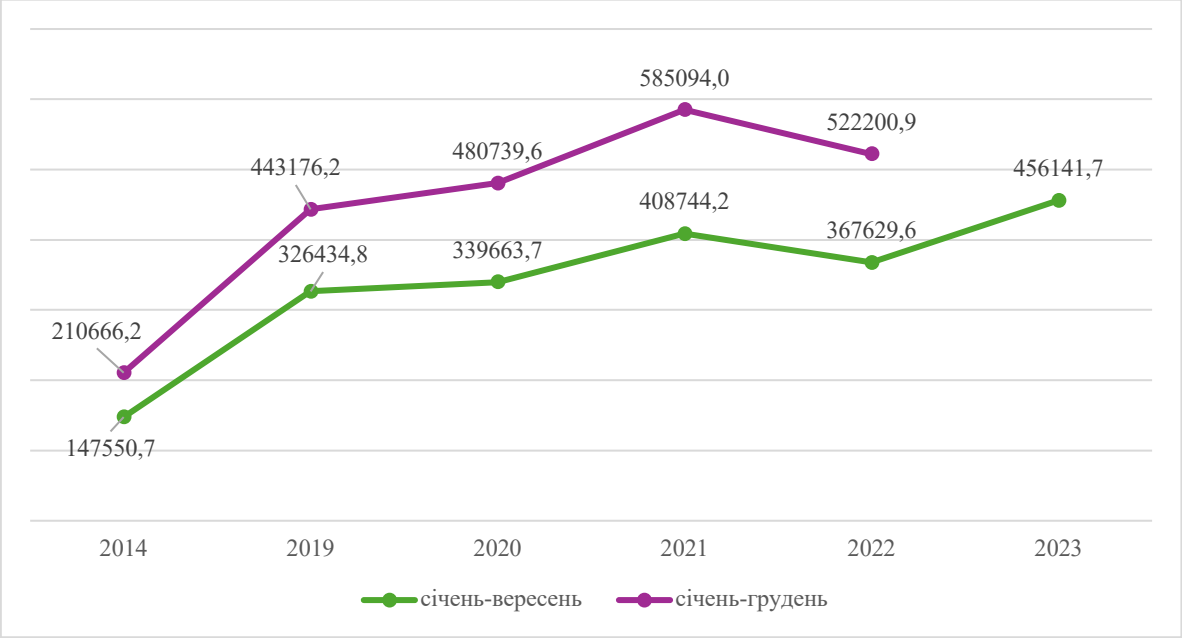


Рисунок 6.1. Обсяг виробництва харчових продуктів, млн. грн

Примітка. *Сформовано авторами за даними State statistics service of Ukraine (2024).*

Як видно з рис. 6.1 обсяги виробництва харчових продуктів за досліджуванні періоди були нестабільними та різними. На це впливала низка чинників, зокрема фінансова спроможність населення України, встановлені тренди на ринку, державна підтримка виробництва соціальних груп продуктів, геополітична обстановка та повномасштабна агресія російської федерації проти Україну.

Загалом порівнюючи обсяги виробництва за період січень-вересень 2023 року до аналогічного періоду 2014 року, обсяги зросли в 3 рази. Обсяги виробництва харчових продуктів у 2022 році були на 10,7% меншими у порівнянні до 2021 року, що найвірогідніше зумовлено початком повномасштабної війни росії проти України. Але вже за 9 місяців 2023 року, спостерігалася позитивна динаміка та різниця становила до показників за весь 2022 рік на 12,6% менше, а за аналогічний період обсяг був більшим на 24%. Оскільки кінцеві дані за 2023 рік Державна служба статистики України ще не представила, то є вірогідність, що обсяги

виробництва харчових продуктів повернуться на довоєнний рівень та будуть продовжувати зростати.

Велику частину продуктів оздоровчого напряму становлять вироби з рослинної сировини або її додаванням. Дослідження *Byshovets & Oliferchuk (2020)* підтверджують, що такий продукт може підходити для будь-яких вікових та культурних груп, тому що переважна більшість таких продуктів швидко втамовує голод є доступними та ергономічними. Аналіз ринку оздоровчих продуктів рослинного харчування, який проводила *Simakhina (2018)* включає в себе дослідження ключових тенденцій, факторів впливу, конкурентного середовища та перспектив розвитку цього сектора.

Відповідно до зростання попиту, компанії з різних країн починають активно розширювати виробництво оздоровчих продуктів рослинного походження з урахуванням розширення технологічного забезпечення, це також висвітлюється в праці *Kovalenko & Kotkova (2020).* Це охоплює не лише основні продукти, такі як овочі, фрукти, злаки, але і різноманітні альтернативи м'ясу, молочних продуктів та солодощів. На ринку з'являються нові та удосконалені продукти, які задовольняють попит на здорові та функціональні харчові вироби.

Як вказують *Dikhtiar et al. (2023)* це можуть бути суперфуди, спеціальні напої, альтернативні м'ясні та молочні продукти, веганські снеки, оздоровчі десерти тощо. Звісно, що із ростом популярності оздоровчого харчування зростає і конкуренція між компаніями на ринку. Це призводить до появи більшої кількості брендів та продуктів, розробки маркетингових стратегій, а також до постійного удосконалення якості та інновацій. Проведений огляд *Sychevskyi (2019)* щодо зростання попиту та конкуренції вказує на поліпшення і регулювання ринку оздоровчих продуктів, зокрема щодо маркування, безпеки та якості продуктів. Загалом, ринок оздоровчих продуктів є динамічним і швидко зростаючим сектором харчової промисловості, що привертає увагу споживачів, виробників та регуляторних органів.

Щоб дізнатися перспективи використання української рослинної сировини для організації виробництва оздоровчих харчових продуктів було визначено динаміку обсягу виробництва овочевих культур (рис. 6.2).

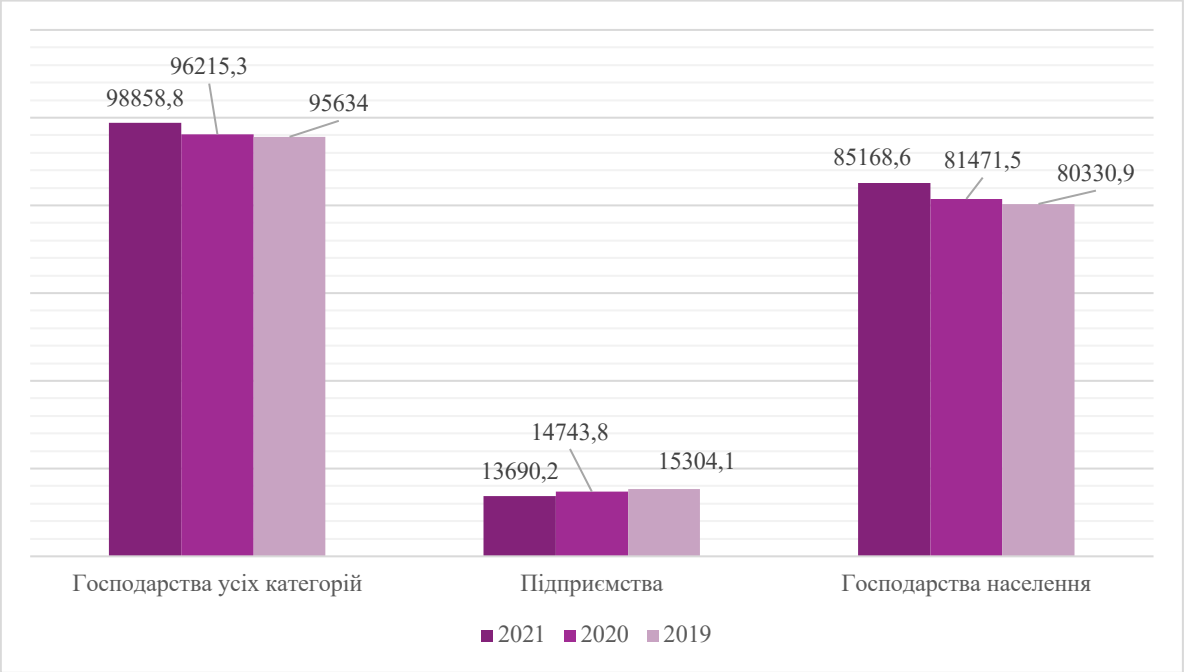


Рисунок 6.2. Динаміка обсягу виробництва овочевих культур

Примітка. *Сформовано авторами за даними State statistics service of Ukraine (2024); станом 01 грудня 2024 р., тис. ц.*

Керуючись даними з рис. 6.2, основними виробниками овочевих культур в Україні є спеціалізовані підприємства та господарства населення, переважаючу кількість овочевих культур в Україні виробляють господарства населення. Так у 2021 році ними було вироблено в 6,2 рази більше продукції ніж підприємствами, у 2020 році в 5,5 рази, у 2019 році в 5,2 рази. Також обсяги виробництва за досліджуваний період збільшуються щороку. Так, на 3% більше було вироблено овочевих культур у 2021 році у порівнянні до 2020 року, та на 0,6% більше в 2020 році у порівнянні до 2019 року. Враховуючи отримані дані, відбувається постійне нарощування обсягів виробництва овочевих культур, здебільшого за рахунок господарств населення, що може позитивно впливати на використання її в оздоровчому харчуванні. Динаміка обсягу виробництва плодових та ягідних культур представлена на рис. 6.3.

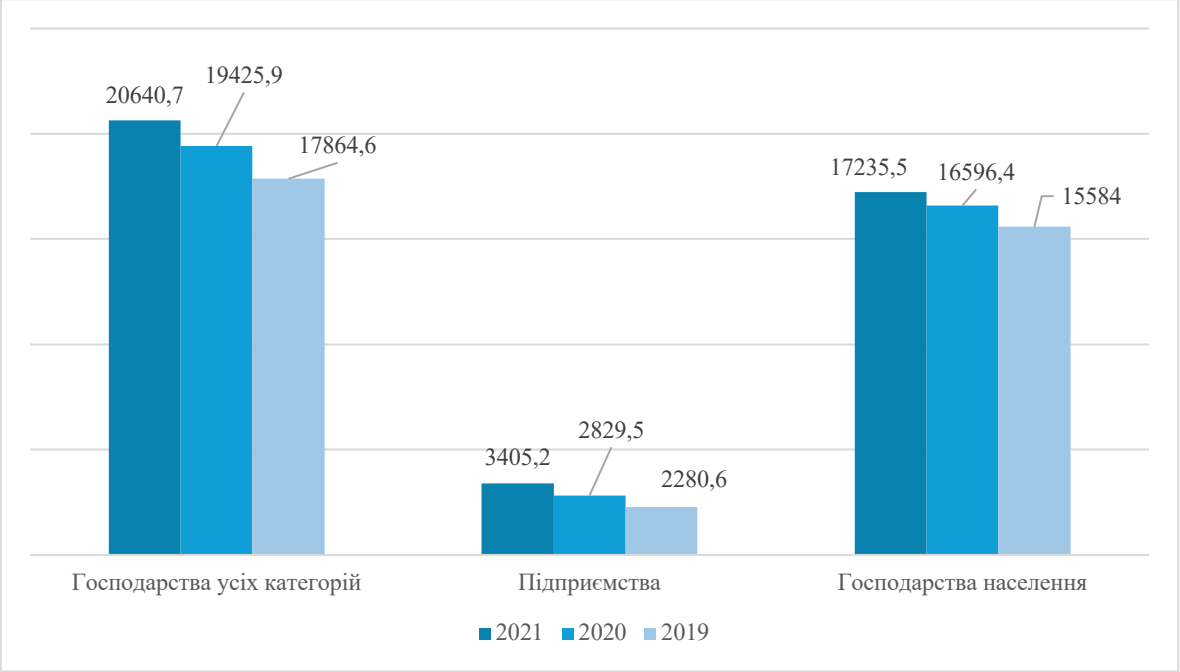


Рисунок 6.3. Динаміка обсягу виробництва плодових та ягідних культур

Примітка. *Сформовано авторами за даними State statistics service of Ukraine (2024); станом на 01 грудня 2024 р. тис. ц*

Отже, виробництво плодових та ягідних культур в Україні займає менші обсяги в порівнянні з овочевими культурами, але динаміка їхня значно більша. Так, спостерігається збільшення обсягів виробництва плодових та ягідних культур як спеціалізованими підприємствами та і господарствами населення, хоча й господарства населення займають лідируючі позиції. Порівнюючи динаміку за роками, то в 2021 році було вироблено плодових та ягідних культур на 6,3% більше ніж у 2020 році, та на 8,7% більше у 2020 році у порівнянні до 2019 року. Тому керуючись отриманими даними спостерігаються можливості забезпечення рослиною сировиною, зокрема овочевими, плодовими та ягідними культурами виробництва харчових продуктів для оздоровчого харчування.

Додатково під час дослідження тенденцій ринку оздоровчих харчових продуктів було визначено товарну структуру оптового товарообороту фруктів та овочів перероблених підприємствами України (рис. 6.4).

Товарна структура оптового товарообороту фруктів та овочів перероблених має тенденцію до збільшення. Так з 2018 до 2021 року збільшилася на 29,9%, незважаючи на невелике зменшення в період 2020–2021 років – на 4,7%. Цей показник також є важливим під час огляду ринку та технологій оздоровчих продуктів з додаванням рослинної сировини адже дає змогу регулювати процеси виробництва також продуктів.

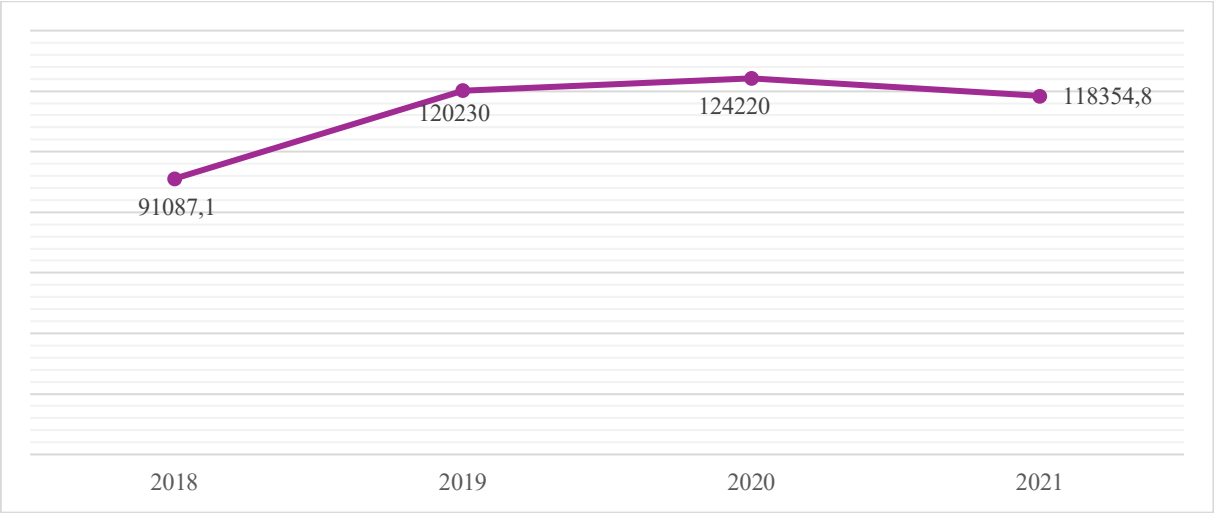


Рисунок 6.4. Товарна структура оптового товарообороту перероблених фруктів та овочів, т

Примітка. *Сформовано авторами за даними State statistics service of Ukraine (2024).*

Один з напрямів використання оздоровчих харчових продуктів це їхнє застосування у дитячому та дієтичному харчуванні. Так на рис. 6.5 зображено обсяги виробництва дитячого харчування та дієтичних харчових продуктів.

Незважаючи на критичні події в країні, відбувається стрімкий ріст обсягів виробництва дитячого харчування та дієтичних харчових продуктів та отримання доходів. Так, без кінцевих даних за 2023 рік, обсяги за період січень-вересень вже перевищують на 8,5% обсяги всього 2022 року. Загалом в грошовому еквіваленті з 2019 року обсяги виробництва дитячого харчування та дієтичних харчових продуктів виросли на 66,7%. Відповідно до отриманих результатів є перспективи застосування оздоровчих продуктів зокрема і в дитячому та дієтичному харчуванні.

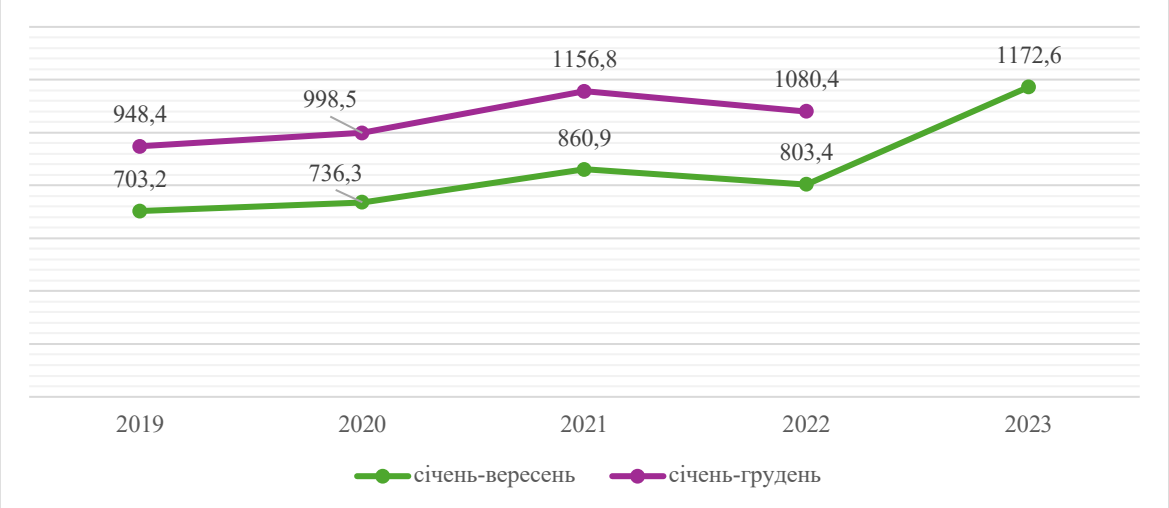


Рисунок 6.5. Виробництво дитячого харчування та дієтичних харчових продуктів, млн. грн.

Примітка. *Сформовано авторами за даними State statistics service of Ukraine (2024).*

Новації харчових технологій оздоровчого напряму. Серед нових тенденцій у харчових технологіях – збагачені та функціональні продукти, виробництво добавок, культивоване м'ясо, точне бродіння та персоналізоване харчування. Як *вказує Hassoun, (2024[2])*, у майбутньому очікується поява інших харчових тенденцій і підвищення інтересу споживачів до переходу до сталого розвитку продуктів харчування та інноваційних екологічних стратегій.

За інформацією *Khan, (2024)* почали застосовувати розумний моніторинг харчових продуктів, який полягає у інтелектуальному пакуванні та технології миттєвого тестування для виявлення псування та забруднення на місці перебування продукту.

До інноваційних харчових технологій, як описують *Liu et, al. (2024),* відноситься використання гідрогелів, як функціональних харчових продуктів у різних типах продуктів, з особливим акцентом на їх застосуванні у їстівній оболонці, насичуючих гелях, системах доставки поживних речовин, адсорбції харчових барвників і моніторингу безпеки харчових продуктів. Також *Berdahl & McKeague (2015)* в своїй роботі досліджували вплив екстрактів розмарину та шавлії як антиоксидантів для консервування харчових продуктів.

Вчені *Hassoun et al., (2024)* вказують на поширення у харчових технологіях Food Traceability 4.0 (FT 4.0), – це відстеження продуктів харчування в епоху четвертої промислової революції. Основними засобами FT 4.0 є блокчейн, Інтернет речей, штучний інтелект і великі дані.

Огляд найпоширеніших інноваційних харчових технологій з використанням рослинної сировини. Сучасні харчові технології значно розширили можливості створення оздоровчих продуктів з додаванням рослинної сировини, що сприяє покращенню якості життя та забезпеченню здоров'я споживачів.

Екстракція з використанням зелених технологій. Ця технологія є екологічно чистим підходом до видобуття корисних сполук з рослинної сировини. Цей метод дозволяє зберегти більше корисних речовин і мінімізувати негативний вплив на довкілля порівняно з традиційно хімічними екстракційними методами.

Suvanova et al. (2023) наводять використання різноманітних методів екстракції. Використання водних екстракційних методів замість органічних розчинників, які можуть бути шкідливими для навколишнього середовища та здоров'я. Так, зелені технології базуються на використанні води або водних розчинів як розчинника. Це зменшує ризик забруднення та сприяє безпечній обробці сировини

Екстракція за допомогою ультразвуку або мікрохвильового опромінення, як вказують *Arshad et al. (2023),* використовується для поліпшення ефективності, зниження часу та температури, які потрібні для процесу екстрагування, що сприяє збереженню більшої кількості біологічно активних речовин у виробі.

Екстракція з використанням надкритичних розчинників, яка описана в дослідженні *Huang et al. (2013)* – це метод використання високого тиску і температури для збільшення розчинення корисних сполук у рослині. Він дозволяє отримати високоякісні екстракти з меншою кількістю розчинника та вищою концентрацією корисних речовин. Використання суперкритичних розчинників – це метод, який базується на використанні розчинників, які перебувають у стані, що перевищує їх критичну точку тиску та температури. Як вказують *Braga et al. (2023)* вони дають змогу екстрагувати речовини, які не можна видобути іншими методами. Такі зелені технології екстракції дають змогу отримувати високоякісні оздоровчі продукти з рослинної сировини, зберігаючи при цьому максимальну кількість корисних речовин та зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище.

Технологія ферментації та використання пребіотиків для виготовлення оздоровчих продуктів з рослинної сировини є ефективним методом для створення продуктів, які сприяють здоров'ю кишечнику та загальному самопочуттю. *Solomon et al. (2020)* зазначають, що під час ферментації мікроорганізми, такі як бактерії або грибки, розкладають складні речовини у рослині на прості компоненти шляхом хімічних реакцій.

Цей процес може підвищити біодоступність поживних речовин у рослині, таких як вітаміни та антиоксиданти, та створити нові корисні сполуки. До пребіотичних речовин відносять ті, що не засвоюються організмом, але служать як харчування для корисних бактерій у кишечнику. Це можуть бути певні вуглеводи, такі як інулін, фруктан і олігосахариди. Simakhina (2019) вказує, що додавання пребіотиків до оздоровчих продуктів може підтримувати здоров'я кишечника та стимулювати ріст корисних бактерій. Під час

ферментації деякі мікроорганізми, які виробляються або додаються до продукту, можуть стати пробіотиками. Пробіотики – це живі мікроорганізми, які є корисними для відновлення здоров'я кишківника. Під час ферментації також можуть утворюватися нові ароматичні та смакові сполуки, що робить оздоровчі продукти більш привабливими для споживачів. Ферментація може змінювати текстуру продукту, надаючи йому певну консистенцію або м'якість.

Нанотехнології. Використання нанотехнологій для виготовлення оздоровчих продуктів з рослинної сировини відкриває широкі можливості для покращення якості, ефективності та безпеки таких продуктів. Додавання наночастинок до оздоровчих продуктів, як описано в роботі *Bajpai et al. (2018)* може збільшити їхню біодоступність, тобто здатність організму засвоювати корисні речовини з продукту. Наприклад, наночастинки можуть допомогти збільшити розчинність жиророзчинних вітамінів або поліфенолів з рослинної сировини.

Відомо, що використання наноемульсій дозволяє створювати стабільні емульсії, які поліпшують збереження продукту та збільшують його тривалість придатності *(Kamle, 2018).* Це особливо важливо для продуктів на рослинній основі, які мають тенденцію до окислення та псування. Наноенкапсуляція для контрольованого вивільнення речовин, за даними *Taouzinet et al. (2023)* дає змогу вкрити корисні речовини в наноматеріали, такі як ліпосоми або наночастинки, що забезпечує їх контрольоване вивільнення в організмі. Це може бути корисним для поступового виділення активних речовин у травний тракт або для підвищення їх стабільності в продукті. *Poeta et al. (2023)* також надають інформацію, що розробка наносенсорів дає змогу в реальному часі вимірювати рівень поживних речовин, антиоксидантів та інших компонентів в оздоровчих продуктах. Це допомагає забезпечити високу якість та безпеку продукту для споживача.

Використання нанотехнологій виготовлення оздоровчих продуктів з додаванням рослинної сировини може значно покращити їхні властивості та ефективність, що сприяє здоровому способу життя та загальному благополуччю споживачів. Однак важливо враховувати етичні та регуляторні аспекти використання наноматеріалів у харчовій промисловості для забезпечення безпеки та здоров'я споживачів.

Заміна тваринних білків рослинними. За даними *Floret et al. (2023),* використання рослинних білків та альтернативних продуктів для виготовлення оздоровчих продуктів з рослинної сировини стає все більш популярним і відкриває широкі можливості для розробки високоякісних та корисних харчових продуктів. Рослинні джерела білка, такі як соя, горох, горіхи, конопля, гречка та інші, є відмінними альтернативами традиційним тваринним білкам. Вони не лише мають високу поживну цінність, але й можуть бути більш екологічно стійкими та етичними для виробництва. *Carballo-Casla et al. (2024)* вказують, що рослинні замінники молока, такі як мигдальне молоко, соєве молоко, вівсяне молоко та інші, стають все більш популярними серед споживачів, які шукають альтернативи традиційним молочним продуктам через алергічні реакції або етичні причини. *Thierry (2020)* зазначає, що для тих, хто уникав або обмежує вживання яєць та молочних продуктів, на ринку представлені різноманітні рослинні замінники, такі як льняне насіння, насіння чіа, банани та інші.

Ці технології не лише сприяють розширенню асортименту оздоровчих продуктів на ринку, але й роблять їх більш ефективними та доступними для споживачів.

Корисні солодощі. Замість традиційних солодощів, які часто містять велику кількість цукру та насичених жирів, науковці *Kraievska & Stetsenko (2013)* та *Angelino (2019)* досліджували рослинні солодощі та десерти з додаванням рослинної сировини і вказують, що вони можуть бути виготовлені з використанням натуральних інгредієнтів, таких як фрукти, горіхи, мед та інші. Нетипове поєднання локальних фруктів та овочів дозволяє створювати нові оздоровчі харчові продукти. Так, снек-бар «Калабу» – це харчовий продукт, виготовлений *Patroni (2024)* із суміші місцевих (Індонезія) харчових інгредієнтів каламансі апельсина та фіолетового батату. *Sekhavatizadeh (2024)* був вироблений желейний десерт з алое вера, доповнений *Lactobacillus curvatus*, інкапсульованим у слиз *Plantago major* та альгінат натрію.

Досліджуючи питання оздоровчих продуктів з використанням рослинної сировини, зокрема десертів з рослинної сировини було проаналізовано обсяг виробництва какао, шоколаду та цукрових кондитерських виробів, які відповідають цим критеріям (рис. 6.6).

Аналізуючи дані з рис. 6.6 видно, що обсяги виробництва продукції мають змінний характер. Так з 2014 до 2021 року спостерігається збільшення виробництва на 88%, незважаючи на деяке зменшення у 2020 році (на 23,5% менше у порівнянні з 2021 роком та на 1,5% менше у порівнянні з 2019 роком). З 2022 року спостерігається скорочення обсягів виробництва майже вдвічі, що може бути пов'язане з воєнним станом та війною росії проти України. Але вже за 9 місяців 2023 року обсяг виробництва був більший на 27,8% за аналогічний період 2022 року та різниця з загальними показниками 2022 року залишилася лише на 12,5% менше. Але з оприлюдненням кінцевої інформації за 2023 рік Державною службою статистики України ситуація може змінитися.

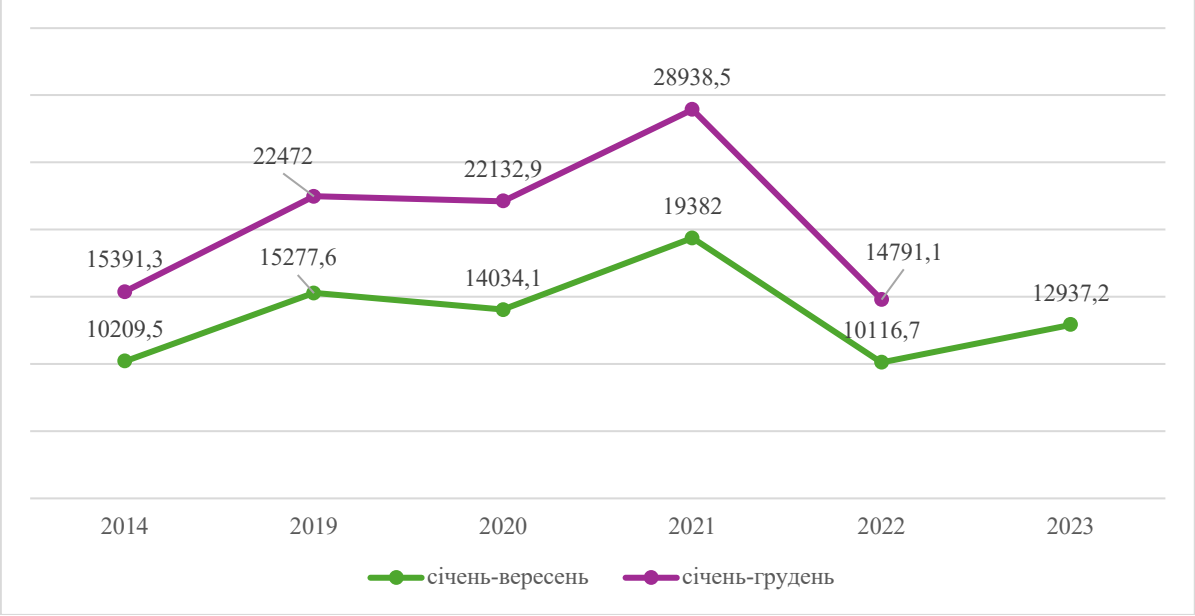


Рисунок 6.6. Обсяг виробництва какао, шоколаду та цукрових кондитерських виробів

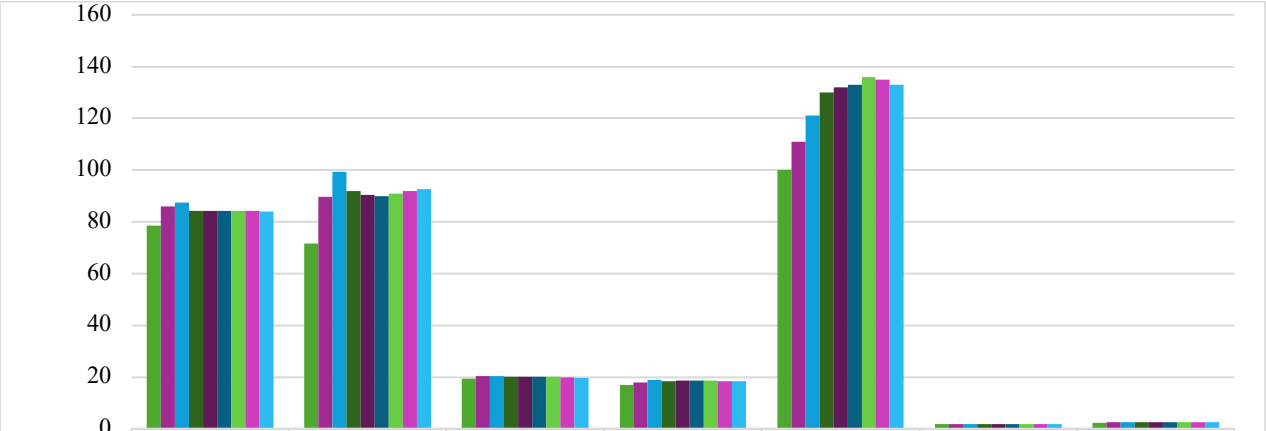
Примітка. *Сформовано авторами за даними State statistics service of Ukraine (2024); млн. грн, без ПДВ та акцизу.*

Для повноти аналітичного огляду ринку та технологій оздоровчих продуктів з додаванням рослинної сировини доцільно було визначити середньодобове споживання населенням основних мікро- та макронутрієнтів у складі харчових продуктів, зокрема харчових продуктів рослинного походження. Така інформація дає змогу визначати харчовий баланс населення та розуміти, які речовини є в дефіциті, а які надходять в надмірній кількості, здійснювати попереднє оцінювання здоров'я населення, розробляти стратегії та рекомендації щодо здорового харчування, органи влади та профільні організації га основі таких даних можуть встановлювати мінімальні норми споживання та контролювати якості харчових продуктів.

Також для промисловості харчових продуктів і рослинних культур це важлива інформація, яка допомагає створювати продукти з балансовим складом, відповідно до потреб населення. Споживання таких мікро- та макронутрієнтів як протеїн, жири, залізо, ніацин, аскорбінова кислота (для всіх харчових продуктів), тіамін, рибофлавін населенням України в розрізі 2000–2020 років представлено на рис. 6.7–6.8.

Зважаючи на аналіз інформації відбувається повернення обсягів виробництва какао, шоколаду та цукрових кондитерських виробів до показників довоєнних періодів, що виражатиметься позитивно і в грошовому еквіваленті. Тому є перспективними виробництво та дослідження десертів зокрема і з рослинною сировиною.

Враховуючи дані з рис. 6.7–6.8 видно, що за 20 років спостерігається певна динаміка в середньодобовому споживані населенням протеїну, жирів, заліза, ніацину, аскорбінової кислоти (для всіх харчових продуктів), тіаміну, рибофлавіну у складі всіх харчових продуктів та харчових продуктів рослинного походження не було. Окремо варто зазначити, що споживання протеїну рослинного походження в 2020 році зменшилося на 12,4% у порівнянні до 2000 року та загалом впродовж 20 років зменшувалося. Щодо протеїну який надходив до організму людини у складі всіх харчових продуктів, то його кількість збільшилася на 6,7% за аналогічний період.



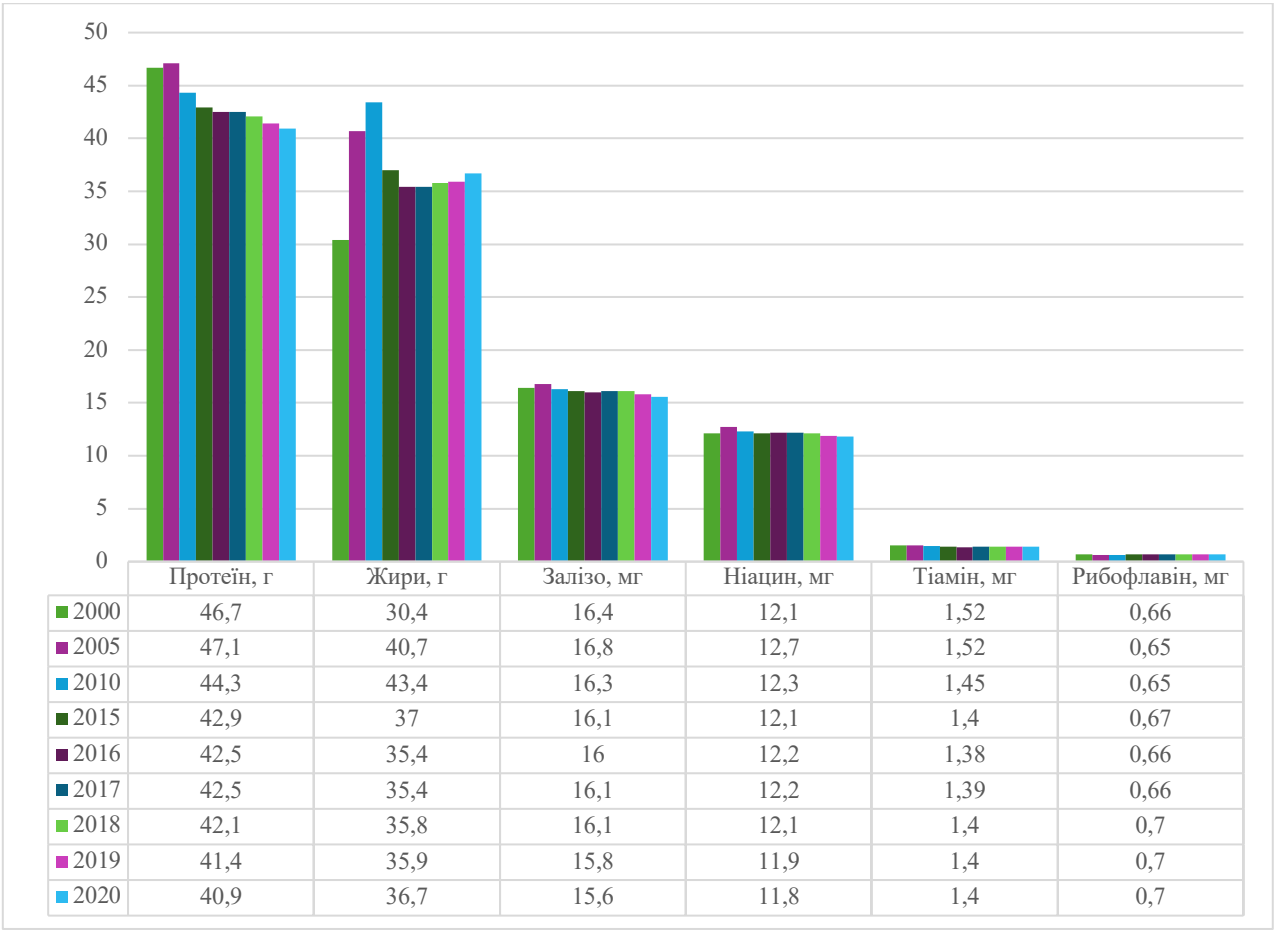
	Протеїн, г	Жири, г	Залізо, мг	Ніацин, мг	Аскорбінова кислота, мг	Тіамін, мг	Рибофлавін, мг
2000	78,6	71,7	19,4	16,8	100	1,81	2,27
2005	86	89,7	20,5	17,9	111	1,9	2,51
2010	87,5	99,2	20,5	18,8	121	1,88	2,55
2015	84,3	92	20,2	18,4	130	1,83	2,56
2016	84,1	90,5	20,1	18,6	132	1,81	2,55
2017	84,3	89,9	20,2	18,6	133	1,81	2,49
2018	84,3	90,8	20,2	18,6	136	1,8	2,6
2019	84,3	91,8	19,9	18,5	135	1,8	2,6
2020	83,9	92,7	19,7	18,4	133	1,8	2,6

Рисунок 6.7. Середньодобове споживання населенням основних мікро- та макронутрієнтів у складі всіх харчових продуктів

Примітка. *Сформовано авторами за даними Balances and consumption of the main food products by population of Ukraine (2021).*

Споживання жирів рослинного походження станом на 2020 рік збільшилося на 20,7% у порівнянні до 2000 року. Також збільшення споживання жирів спостерігалося і в складі всіх харчових продуктів – на 29,2% у 2020 році в порівнянні до 2000 року. Споживання аскорбінової кислоти у складі всіх харчових продуктів за 20 років поступово збільшувалося та станом на 2020 рік збільшилося на 33% у порівнянні до 2000 року. Щодо споживання заліза, ніацину та рибофлавіну у складі всіх харчових продуктів, то їхня кількість у 2020 році в порівнянні до 2000 року збільшилася на 1,5%, 9,5% та 14,5% відповідно. Якщо проаналізувати споживання заліза, ніацину та тіаміну у складі харчових продуктів рослинного походження, то їхня кількість станом на 2020 рік в порівнянні до 2000 року навпаки зменшилася на 4,8%, 2,5% та 7,9% відповідно. А от споживання рибофлавіну у складі харчових продуктів рослинного походження збільшилася на аналогічний період на 6%.

Найбільш позитивним є стабільне зростання середнього добового споживання вітаміну С: від 100 мг у 2000 р. до 133 мг з 2005-го й до кінця періоду. Це може свідчить про покращення доступу до свіжих фруктів, овочів, позитивні зміни у продовольчій політиці. Вітаміни B_1 та B_2 продемонстрували зростання впродовж перших п’яти років, після чого їх рівень стабілізувався – це говорить про досягнення певної межі харчової збалансованості.



	Протеїн, г	Жири, г	Залізо, мг	Ніацин, мг	Тіамін, мг	Рибофлавін, мг
2000	46,7	30,4	16,4	12,1	1,52	0,66
2005	47,1	40,7	16,8	12,7	1,52	0,65
2010	44,3	43,4	16,3	12,3	1,45	0,65
2015	42,9	37	16,1	12,1	1,4	0,67
2016	42,5	35,4	16	12,2	1,38	0,66
2017	42,5	35,4	16,1	12,2	1,39	0,66
2018	42,1	35,8	16,1	12,1	1,4	0,7
2019	41,4	35,9	15,8	11,9	1,4	0,7
2020	40,9	36,7	15,6	11,8	1,4	0,7

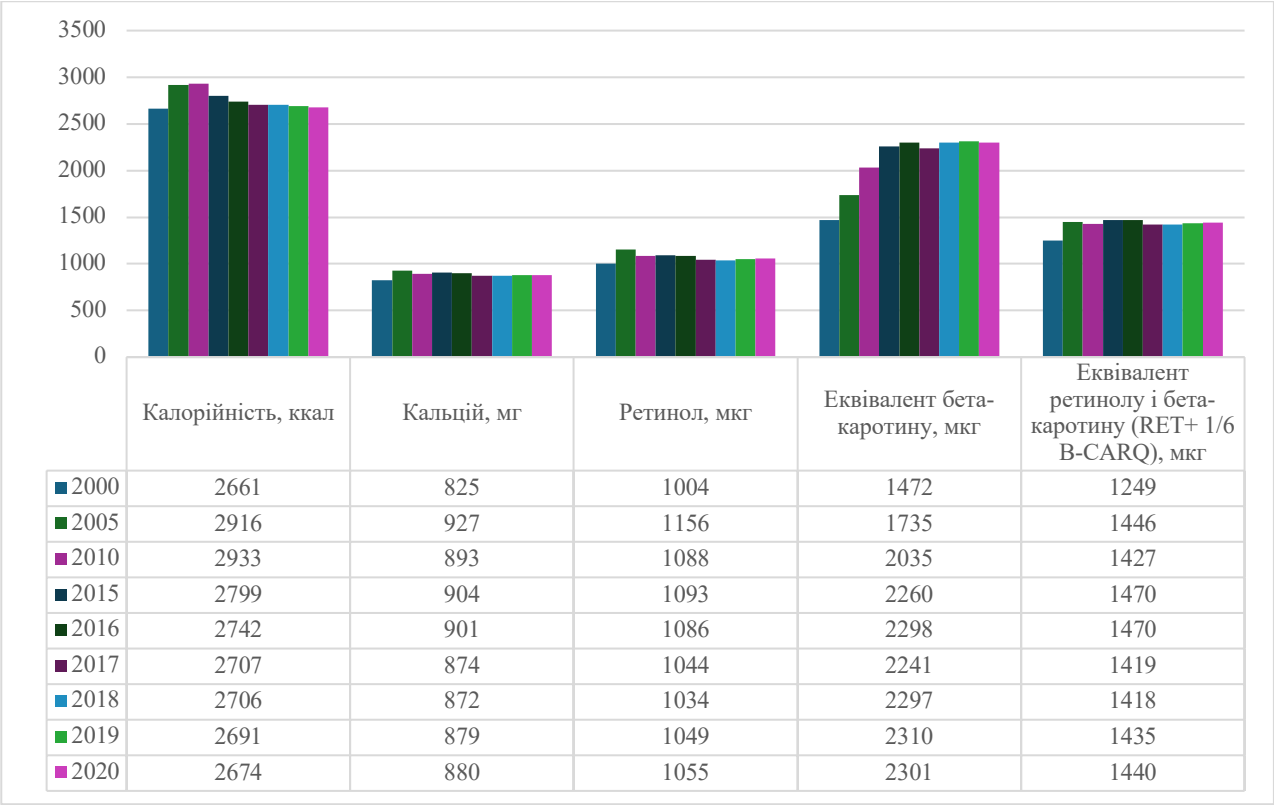
Рисунок 6.8. Середньодобове споживання населенням основних мікро- та макронутрієнтів у складі харчових продуктів рослинного походження

Примітка. *Сформовано авторами за даними Balances and consumption of the main food products by population of Ukraine (2021).*

Загальна калорійність від споживання всіх харчових продуктів та харчових продуктів рослинного походження, надходження до організму кальцію, ретинол, еквіваленту бета-каротину, еквіваленту ретинолу і бета-каротину (RET+ 1/6 B-CARQ) та аскорбінової кислоти (для харчових продуктів рослинного походження) населення України в розрізі 2000–2020 років наведено на рисунках 6.9–6.10.

Як видно з даних рис. 6.9 в період 2000–2005 років спостерігається збільшення споживання калорій населенням України, але вже з 2005 року відбується поступове скорочення калорійності раціонів населення. Так, на 9,6% збільшилась калорійність харчових продуктів станом на 2005 рік у порівнянні до 2000 року, але станом на 2020 рік зменшилась на 8,3% у порівнянні до 2005 року.

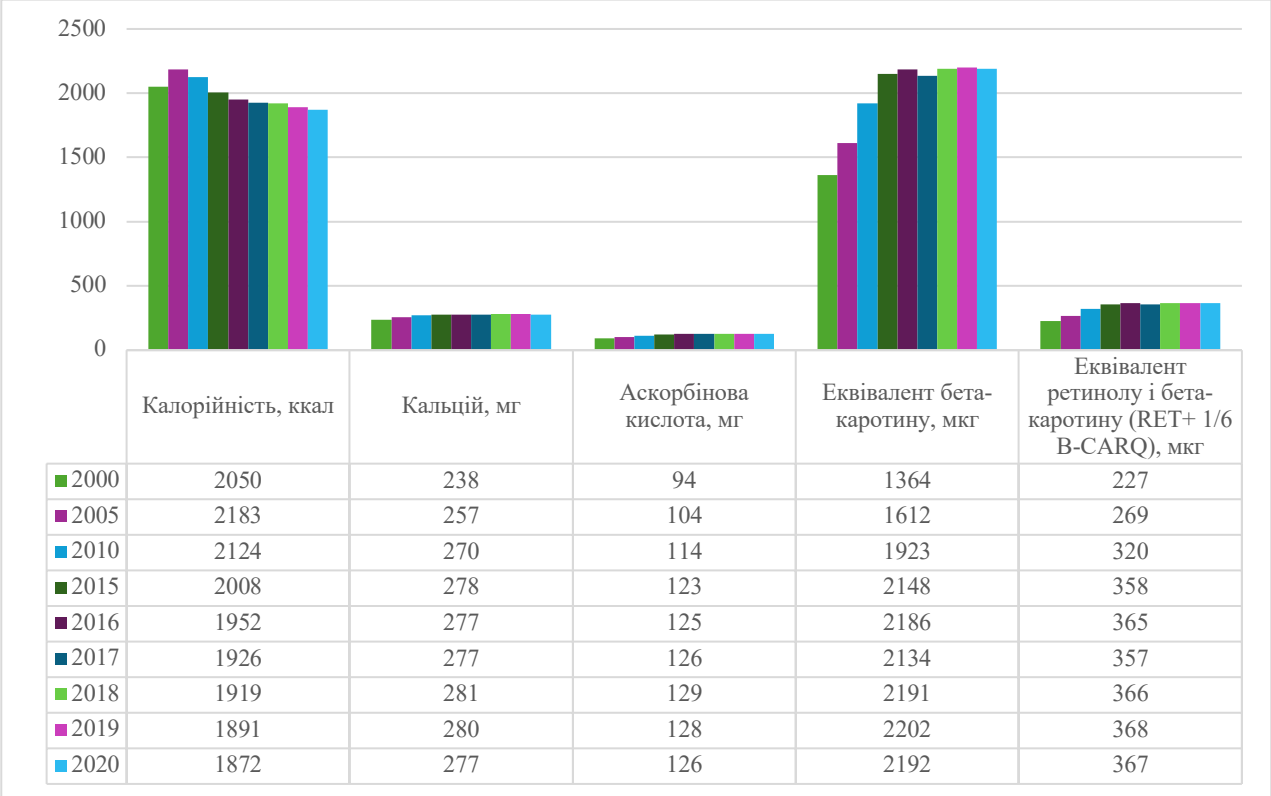
Подібна ситуація з калорійністю харчових продуктів рослинного походження, на 6,5% калорійність збільшилася станом на 2005 рік у порівнянні до 2000 року, та на 14,2% зменшилася станом на 2020 рік у порівнянні до 2005 року. Щодо надходження кальцію від споживання всіх харчових продуктів то за період 2000–2020 років його збільшилося на 6,6%, від споживання харчових продуктів рослинного походження – на 16,4%, хоча найбільше споживання кальцію у складі для всіх харчових продуктів спостерігалося у 2015 році на 2,7% більше від показника 2020 року, та на 3,6% більше для харчових продуктів рослинного походження у 2018 від показника 2020 року. На 34% збільшилося впродовж 2000–2020 років середньодобове споживання населенням аскорбінової кислоти у складі харчових продуктів рослинного походження. Також у складі харчових продуктів рослинного походження збільшилося середньодобове споживання населенням еквіваленту бета- каротину, еквіваленту ретинолу і бета-каротину (RET+ 1/6 B-CARQ) на 60,7% та 61,7% відповідно.



	Калорійність, ккал	Кальцій, мг	Ретинол, мкг	Еквівалент бета-каротину, мкг	Еквівалент ретинолу і бета-каротину (RET+ 1/6 B-CARQ), мкг
2000	2661	825	1004	1472	1249
2005	2916	927	1156	1735	1446
2010	2933	893	1088	2035	1427
2015	2799	904	1093	2260	1470
2016	2742	901	1086	2298	1470
2017	2707	874	1044	2241	1419
2018	2706	872	1034	2297	1418
2019	2691	879	1049	2310	1435
2020	2674	880	1055	2301	1440

Рисунок 6.9. Середньодобове споживання населенням основних мікро- та макронутрієнтів у складі всіх харчових продуктів

Примітка. *Сформовано авторами за даними Balances and consumption of the main food products by population of Ukraine (2021).*



	Калорійність, ккал	Кальцій, мг	Аскорбінова кислота, мг	Еквівалент бета-каротину, мкг	Еквівалент ретинолу і бета-каротину (RET+ 1/6 B-CARQ), мкг
2000	2050	238	94	1364	227
2005	2183	257	104	1612	269
2010	2124	270	114	1923	320
2015	2008	278	123	2148	358
2016	1952	277	125	2186	365
2017	1926	277	126	2134	357
2018	1919	281	129	2191	366
2019	1891	280	128	2202	368
2020	1872	277	126	2192	367

Рисунок 6.10. Середньодобове споживання населенням основних мікро- та макронутрієнтів у складі харчових продуктів рослинного походження

Примітка. *Сформовано авторами за даними Balances and consumption of the main food products by population of Ukraine (2021).*

У складі всіх харчових продуктів також спостерігалося збільшення споживання еквіваленту бета- каротину, еквіваленту ретинолу і бета-каротину (RET+ 1/6 B-CARQ) на 56,3% та 15,3% відповідно. Кількість ретинолу у складі всіх харчових продуктів збільшилося на 15,1% станом на 2005 рік та на 5% станом на 2020 рік у порівнянні до 2000 року. Загалом аналіз середньодобового споживання населенням основних мікро- та макронутрієнтів у складі харчових продуктів, зокрема і рослинного походження є важливим для збереження і збільшення здоров'я громадськості, оцінювання харчової безпеки, виявлення недоліків та дефіциту харчування, зміцнення сільського господарства, а також для підтримки економічної стабільності та конкурентоспроможності на ринку харчування.

За даними *Parashar et al. (2023*) завдяки раціональному і збалансованому підбору раціону харчування можна знизити вірогідність виникнення і розвитку багатьох хвороб, покращити ріст та розвиток організму, підвищити опір організму до несприятливих чинників, а також емоційний стан людини. Саме тому, з метою збереження і покращення здоров'я, споживачі почали активно цікавитись оздоровчою продукцією. Проте, на початку зародження культу здорового харчування було багато спекуляцій та шахрайств на цьому виді продуктів, що пов'язані з використанням сумнівних компонентів та складників. Але з розвитком напряму здорового харчування, створення нормативної бази і обізнаністю споживача виробництво продуктів оздоровчого спрямування перейшло на наступний етап, а саме розширення і покращення технологій. Залучення рослинної сировини, як вказують *Tangjaidee et al. (2023)* хоч і є базовою технологією виробництва здорового харчування, проте, зі становленням нових трендів, з'являються нові способи її використання та поєднання з сировиною тваринного походження.

Використання рослинної сировини для створення оздоровчих харчових продуктів є перспективним напрямом, оскільки рослинні компоненти мають великий потенціал для покращення здоров'я і підтримки фізичного та психічного благополуччя. Сучасні технології, такі як екстракція з використанням зелених технологій, ферментація, використання нанотехнологій, а також використання рослинних білків та альтернативних продуктів, дають змогу максимально зберігати корисні властивості рослинної сировини та створювати продукти, які задовольняють потреби сучасного споживача. Ці технології сприяють розвитку ринку оздоровчих продуктів із рослинної сировини, сприяючи збереженню здоров'я та підвищенню якості життя споживачів, а також отримання безпечного та якісного продукту.

6.1.4. Оцінювання сировини для розроблення рецептур десерту медового оздоровчого призначення. У сучасному світі все більше людей звертають увагу на своє здоров'я, а збалансоване харчування стає однією з основних складових здорового способу життя. Зміна харчових звичок і малорухливий спосіб життя призвели до зростання ожиріння в усьому світі. Всесвітня організація охорони здоров'я повідомляє, що 12 % дорослого населення страждає ожирінням. Поточні оцінки Продовольчої та сільськогосподарської організації передбачають, що щоденне споживання калорій зросте з 2803 ккал/особу/день наприкінці 1990-х до 3050 до 2030 року. Існують різні стратегії перетворення традиційних рецептів у версії з низьким вмістом жиру або цукру для харчової промисловості: шляхом зменшення його вмісту та/або шляхом використання інгредієнтів, які імітують їхні функціональні властивості. Тим не менш, для харчових технологів все ще залишається завданням зберегти оригінальні сенсорні властивості традиційного десерту, досягнувши при цьому зниженого вмісту калорій та підвищення користі від споживання.

Створення оздоровчих десертів, які задовільнять солодкий смак, але й матимуть корисний вплив на організм може сприяти популяризації здорового способу життя та створенню альтернативних продуктів, що відповідають вимогам сучасного споживача. Це матиме значний потенціал у вирішенні низки проблем сучасного харчування, зокрема боротьбі з ожирінням, захворюваннями серця, діабетом та іншими хронічними захворюваннями, що пов'язані з харчовими звичками.

Для розроблення рецептур таких десертів, попередньо є потреба вибору сировини, оцінювання її якісних показників та оздоровчих властивостей.

Мед соняшниковий є найбільш поширеним сортом в Україні, який виробляється у значних обсягах. Відомо *(Balkanska & Shumkova, 2022),* що соняшниковий мед має вищу антиоксидантну активність у порівнянні до поліфлорного. Авторами *(Emin Duru et al., 2023)* було доведена висока антиуреазна і противозапальна активність соняшникового меду. Також *(Şahin., 2021)* встановив, що мед має антихолінестразну та бутирилхолінестеразну активність ферментів які є основними проти хвороби Альцгемера.

Мед широко використовується у рецептурах десертів. Відома *(Petridis et al., 2020)*, розроблена технологія молочного ферментованого замороженого десерту з йогурту, меду та гранатового соку з пониженим вмістом жиру. Також розроблена технологія *(Sumardi, 2020)* десерту-пудингу, на основі алое-вера, лимона та меду, який містить велику кількість розчинних рослинних волокон. Технологія *(Tahmaz et al,. 2020)* передбачає використання меду, як складника для виготовлення продукту дитячого харчування з великою в'язкістю. Поряд з цим, встановлено *(Kamboj et al., 2019),* що підвищення вмісту HMF у меді відбувається при підвищенні температури та pH, тоді як активність діастази знижується при підвищенні температури та при значенні pH, що виходить за межі 4,6–5,6. Це вказує на потребу використання меду без термообробок.

Молочко маточне бджолине є функціональним продуктом харчування, відомим завдяки своєму оздоровчому ефекту. Відомо *(Collazo et al., 2021)*, що маточне молочко має антиліпідемічний, антиоксидантний, антимікробний, та протизапальний ефект. Встановлено *(Hassan et al., 2022)*, що, додавання маточного молочка може скоротити час бродіння, збільшити в'язкість і водоутримувальну здатність, а також підвищити антиоксидантну активність ферментованого молока. Так, *(Cinar et al. 2021)* розробили технологію додавання маточного молочка до молочного пробіотичного десерту.

Прополіс може бути використаний для розробки функціональних харчових продуктів, або харчових консервантів. Екстракт водного прополісу *(Liaudanskas et al., 2021)* має високу антиоксидантну активність, та на відмінну від класичного прополісу, може використовуватись більшою групою споживачів та може полегшувати симптоми окисного стресу.

Kabakci (2023) довів, що подрібнена перга проявляє антиоксидантну, протизапальну та антимікробну активність. Дослідження *(Li et al., 2023*) показали протизапальний ефект та терапевтичний ефект бджолиного обніжжя проти коліту та. Відомі *(Антонів та ін., 2022; da Silva et al., 2024)* рецептури хліба з додаванням подрібненого бджолиного обніжжя для підвищення поживної цінності.

Гарбуз є джерелом багатьох поживних речовин, тому є гарним складником при створенні десерту оздоровчого призначення. З'ясовано *(Kaur et al., 2020)*, що гарбуз має протидіабетичну, антиоксидантну, антиканцерогенну, гіперпротекторну дію. Аторами *(Vinayashree & Vasu, 2021)* було доведено наявність високоякісних і збалансованих білків у насінні гарбуза. Дослідженнями *(Leichtweis et al., 2022)* доведена найбільша антиоксидантна дія саме у шкірці та насінні гарбуза. У дослідженні *(Márquez-Cardozo et al., 2021)* встановлено що під час сушіння гарбуза спостерігається значуще зменшення вуглеводів і клітковини, проте антиоксидантна активність зростала з підвищенням температури сушіння. Відома *(Bali et al., 2023)* технологія приготування десерту (халви) на основі гарбуза, який підвищує поглинання біоактивних молекул через лімфатичну систему, що забезпечує імунну, серцево-судинну та дихальну системи запасом фітохімічних речовин. Розроблено *(Rakhymzhanova, 2020)* технологію створення безцукрових десертів на основі гарбуза, буряка та моркви з підвищеним вмістом вітаміну С та пектину, який є природним сорбентом та нормалізатором обміну речовин. Дослідженнями *Szydłowska et al. (2022)* доведено позитивний вплив гарбуза на зменшення вмісту цукрів, підвищення антиоксидантних властивостей, покращення виживаності пробіотиків функціональних немолочних заморожених десертів. Розробка *(Karli & Banu, 2023)* альтернативного молока та молочних продуктів з насіння дині та гарбуза з

подальшим виготовленням пудингу на їх основі, дозволила створити продукт з високою антиоксидантною активністю.

Насіння пажитника цінiться за його кулінарні та лікувальні властивості. Дослідженнями *(Alu'datt et al., 2024)* встановлена гіпоглікемічна, антигіперліпідемічна, антиоксидантна, протизапальна, антигіпертензивна, антиканцерогенна, імуномодулююча дія з потенційним органозахисним ефектом на серцево-судинну, травну, печінкову, ендокринну та центральну нервову систему. У роботі *Ahmad et al. (2022)* проведена оцінка поживних, антиоксидантних і сенсорних властивостей локшини з додаванням порошку насіння пажитника, за її результатами показано покращення вмісту мінералів, білків та клітковини. Дослідження *Medeiros et al. (2020)* довели, що насіння пажитнику сприяє синергізму з крохмалем, молочним білком і сахарозою, що призвело до покращенню структури гелю у молочному десерті.

Насіння кунжуту широко використовується у харчовій промисловості. Відома *(Arooj et al., 2023)* захисна функція кунжуту для здоров'я кісток, а також збалансування гормонального фону у жінок які переживають менопаузу. У роботі *Li et al. (2024)* доведено оздоровчий потенціал кунжуту, а саме антиоксидантну, антимутагенну, естрогенну, протизапальну, протимікробну та гіполіпідемічну активність. Відомо *(Ali & Batu, 2020)*, що насіння кунжуту використовують у виробництві халви та тахіні. Також розроблено *(Sheikh et al., 2023)* композиційний гель на основі желатино-кунжутного протеїну, який можна використовувати у складі десертів та інших продуктів.

Спіруліна – це водорість яка є функціональним складником при виробництві продуктів харчування. Дослідження *(Lafarga et al., 2020)* продемонструвало потенціал використання спіруліни для профілактики або лікування розладів пов'язаних з метаболічним синдромом. Дослідження *(Almeida et al., 2021),* яке мало на меті розробку функціонального соусу показало, що використання спіруліни покращувало антиоксидантний і поживну цінність продукту. Відомо *(Papadimitriou et al., 2021)* що низькі концентрації ціанобактеріальних токсинів які містяться у добавках на основі спіруліни не становлять ризику для споживання дорослими.

Виробництво малини є досить поширеним на території України. Результати досліджень *Baenas et al. (2020)* показали, що харчові волокна малини можна використовувавти як функціональні та пребіотичні інгредієнти для розробки харчових продуктів з покращеними поживними властивостями. Аналіз харчової цінності малини показав корисність включення малини до щоденного раціону і буде корисним для отримання поживних речовин і антиоксидантів *(Vara et al., 2020)*. Відома *(Cielecka-Piontek et. al., 2020)* технологія з додаванням сублімованої малини до шоколадної закуски. Також розроблено безліч рецептур десертів *(Kurzer et al., 2020)* з використанням горіхів, фруктів та ягід (в тому числі і малини.

Обліпиха багата на поживні речовини та біоактивні сполуки. Дослідження *Wang et al. (2022)* показали, що вживання обліпихи сприяло покращенню діяльності серцево судинної системи, мало антидіабетичну дію, та сприяло боротьбі з ожирінням. Доведено *(Ciesarová et al., 2020),* що, наявність в обліписі великої кількості антиоксидантів, дубильних речовин та аскорбінової кислоти. Відомо *(Dong et al., 2022),* що обліпиха має протизапальні властивості, властивості загоєння шкіри, зниження ризику серцево-судинних захворювань. Розроблена технологія *(Nistor et al., 2020)* виробництва веганського морозива на основі вишні, яблук, лимону, обліпихи.

Сублімоване яблуко характеризується високим вмістом аскорбінової кислоти і поліфенолів з високим антиоксидантним потенціалом *(Dragomir et al., 2021)*. Автори розробили технологію десерту (макаронс) з лущеним насінням конопель та яблучним порошком. Дослідження *Altay et al. (2021)* показало що додавання фруктових порошків, у тому числі і яблучного, до тіста призвело до зниження вологи у торті.

Перелічені інгредієнти мають виражену профілактичну та лікувальну дію та можуть бути використані, як сировина для розроблення десертів медових оздоровчого призначення. Тому, метою подальших досліджень було встановити основні фізико-хімічні параметри сировини для розроблення рецептур десертів медових оздоровчого призначення.

Матеріалами слугували: мед соняшниковий, гарбуз, яблука сушені, насіння гарбуза, насіння пажитнику, насіння кунжуту, спіруліна, сублімовані ягоди малини, обліпихи, екстракт водного прополісу, перга, бджолине обніжжя, сублімоване молочко маточне бджолине.

Показники якості та безпечності продукції бджільництва визначали за допомогою стандартизованих методів вказаних у ДСТУ 4497:2005; ДСТУ 7074:2009; ДСТУ 3127–95; ДСТУ 4666:2006. Фізико-хімічні показники гарбуза сушеного і насіння гарбуза визначали за допомогою стандартизованих методів вказаних у ТУ У 10.3–41941689–001:2018, ТУ У 10.3–41941689–002:2019. Показники малини сублімованої визначали за допомогою стандартизованих методів вказаних у ТУ У 10,3–42888815–002:2019; обліпихи – у ТУ У 15,3–34838293–001:2009; насіння пажитника і кунжута – у ТУ У 10,8–3474701915–001:2023. Мікробіологічні показники визначали за допомогою стандартизованих методів вказаних у ДСТУ 8446:2015; 8447:2015; ДСТУ EN 12824:2004. Радіологічні показники визначали за методами вказаними у ГН 6,6,1,1–130–2006. Вміст пестицидів були встановлені відповідно ДСанПіН 8,8,1,2,3,4–000–2001.

Дослідження проводились у двох повтореннях, з врахуванням стандартних похибок в умовах лабораторії факультету харчових технологій НУБіП України.

Результати органолептичного дослідження продуктів бджільництва, як складників десертів медових оздоровчого призначення наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Органолептична оцінка продуктів бджільництва як інгредієнтів для виробництва оздоровчого десерту

Показник	Характеристика				
	мед[1]	перга[2]	бджолине обніжжя[3]	водний екстракт прополісу[4]	молочко маточне бджолине адсорбоване[5]
Зовнішній вигляд	густа, в'язка речовина	шестигранні гранули	грудочки у формі нирки	рідина	порошок
Консистенція	дуже в’язка, щільна	щільна, тверда	щільна, не надто тверда	рідка	однорідна, без грудок
Колір	світло-жовтий	темно-жовтий	жовтий, зелений, коричневий	темно-коричневий	світло-кремовий
Смак	солодкий, приємний	кисло-солодкий	терпкий, злегка солодкуватий	гіркуватий, терпкий, з смолистим присмаком	кисло-вершковий
Запах	специфічний, приємний, сильний	хлібний, квітковий	квітковий	смолистий, деревний	приємний, з легкою кислинкою
Ознаки плісняви/ бродіння	NF				

Примітки: *1 – згідно з ДСТУ 4497:2005, використовували соняшниковий мед; 2 – згідно х ДСТУ 7074:2009; 3 – згідно з ДСТУ 3127–95; 4 – згідно з ТУ У 15.8-30180024-009:2009; 5 – згідно з ДСТУ 4666:2006; * NF – не виявлено.*

Органолептичне оцінювання продуктів бджільництва дозволяє зробити наступні припущення. Мед може надати готовому десерту густину, в’язкість, солодкий смак та приємний медовий аромат. Перга додасть зернисту текстуру, кислувато-солодкий присмак і запах з легкими квітковими нотами. Бджолине обніжжя також придасть текстурності та приємної терпкуватості з квітковими ароматами. Водний екстракт прополісу розрідить текстуру, додасть гіркуватий, злегка смолистий смак і запах, а маточне молочко бджолине посилить кремовидність, додасть кислувато-вершковий присмак і аромат. Додавання до меду

різних продуктів бджільництва, дозволить змінювати смаки та аромати готових десертів різної консистенції, що дає змогу збільшити асортимент, та відповідно привабливість продукту для споживачів.

У таблиці 6.2 наведено основні фізико-хімічні показники продуктів бджільництва, які будуть використані, як компоненти у розробці рецептур десерту медового оздоровчого призначення.

До базових фізико-хімічних параметрів продуктів бджільництва, які будуть контролюватися під час виробництва десертів медових, віднесли: масову частку води, домішок, для всіх; pH та флавоноїдні сполуки для меду, перги, обніжжя та водного екстракту прополісу; редукуючі цукри для меду та маточного молочка; масову частку сирого протеїну для перги, бджолиного обніжжя та маточного молочка.

Таблиця 6.2. Основні фізико-хімічні параметри продуктів бджільництва як інгредієнтів для виробництва оздоровчого десерту

Показник	Характеристика				
	мед[1]	перга[2]	бджолине обніжжя[3]	водний екстракт прополісу[4]	молочко маточне бджолине адсорбоване[5]
Масова частка води, %	18	5	10	90	3
Масова частка домішок, %	NF				
pH	3,5	4	4,5	4,6	ND
Флавоноїдні сполуки, %	2,0	2,5	4,5	10	ND
Редукуючі цукри, %	85	ND			30
Масова частка сирого протеїну, %	ND	30	25	ND	30
Ліпіди, %	ND				15
Масова частка сахарози, %	3	ND			2
ГМФ, мг/кг	5	ND			ND
Пролін, мг/кг	300	ND			ND

Примітка: *1 – згідно з ДСТУ 4497:2005, використовували соняшниковий мед; 2 – згідно з ДСТУ 7074:2009; 3 – згідно з ДСТУ 3127–95; 4 – згідно з ТУ У 15.8-30180024-009:2009; 5 – згідно з ДСТУ 4666:2006; * NF – не виявлено; ND – не визначається.*

А також до обов'язкових для контролю фізико-хімічних параметрів віднесли відсоток ліпідів – для маточного молочка; масову частку сахарози для меду та маточного молочка; ГМФ та пролін – тільки для меду.

Контроль показників безпечності є ключовим фактором при використанні продуктів бджільництва та інших натуральних компонентів у медових десертах оздоровчого призначення. Здоров'я споживачів і їх довіра до продукту залежать від гарантування безпеки інгредієнтів. У таблицях 6.3–6.4 наведені показники безпечності інгредієнтів майбутнього десерту.

Всі натуральні компоненти, які використовуються у такому десерті можуть бути схильні до мікробіологічного забруднення, якщо їх не обробляти та зберігати належним чином. Контроль мікробіологічної безпечності допомагає запобігти розвитку шкідливих мікроорганізмів, таких як бактерії, дріжджі та пліснява, що можуть спричинити харчові отруєння або псування продукту.

Також натуральні компоненти можуть містити сліди хімічних речовин, таких як пестициди, важкі метали або інші токсичні елементи. Контроль хімічної безпеки гарантує, що ці речовини не перевищують гранично допустимих рівнів і не становлять ризику для споживачів.

Таблиця 6.3. Показники безпечності продуктів бджільництва та ягід, як інгредієнтів для виробництва оздоровчого десерту

Показник	Продукти бджільництва[1]	Ягоди[2]
мікробіологічні[3]		
Кількість мезофільних анаеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше	$2{,}0 \times 10^4$	$2{,}0 \times 10^4$
Дріжджі, КУО в 1 г	40	5×10^2
Плісневі гриби, КУО в 1 г	10	ND
S. aureus, Sal. enterica	NF	
вміст токсичних елементів, мг/кг[4]		
Свинець, Кадмій, Миш'як, Ртуть	NF	
вміст пестицидів, мг/кг[4]		
ДДТ, Гексахлоран	NF	
антибіотики (на суху речовину) [4]		
Левоміцетин, мг/кг	NF	ND
Нітрофуран, мкг/кг	NF	ND
радіонукліди, Бк/кг[5]		
Цезій-137, Стронцій-90	NF	

Примітка: *1 – мед, перга, бджолине обніжжя, водний екстракт прополісу, молочко маточне бджолине сублімоване; 2 – ягоди малини та обліпихи; 3 – згідно ДСТУ 8446:2015; 8447:2015; 4 – ДСанПіН 8,8,1,2,3,4–000–2001; 5 – ГН 6,6,1,1–130–2006; NF – не виявлено; ND – не визначається.*

Таблиця 6.4. Показники безпечності пажитника, кунжуту та гарбуза як інгредієнтів для виробництва оздоровчого десерту

Показник	Насіння[1]	Гарбуз[2]
мікробіологічні[3]		
Кількість мезофільних анаеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше	2×10^5	1×10^6
Пліснява, КУО в 1 г, не більше	1×10^3	ND
вміст токсичних елементів, мг/кг[4]		
Свинець, Кадмій, Миш'як, Ртуть, Мідь, Цинк	NF	
вміст пестицидів, мг/кг[4]		
ДДТ, Гексахлоран, Бейлетон, Фосфамід, Актеллік, Трефлан, Топаз, Карбофос	NF	
антибіотики (на суху речовину) [4]		
Левоміцетин, мг/кг	NF	
Нітрофуран мкг/кг	NF	
радіонукліди, Бк/кг[5]		
Цезій-137, Стронцій-90	NF	

Примітка*: 1 – згідно ТУ У 10,8–3474701915–001:2023; 2 – згідно ТУ У 10.3–41941689–001:2018; 3 – згідно ДСТУ 8446:2015; 8447:2015; 4 – ДСанПіН 8,8,1,2,3,4–000–2001; 5 – ГН 6,6,1,1–130–2006; NF – не виявлено; ND – не визначається.*

Забезпечення мікробіологічної, хімічної та технологічної безпеки інгредієнтів гарантує, що вироблений продукт буде безпечним для споживання та відповідатиме стандартам якості. Адже, контроль показників безпечності є фундаментальним для виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення.

Використання різних натуральних компонентів, які містять біологічно-активні речовини, може сприяти збільшенню поживної цінності продукту, посилити смак і аромат, забезпечити привабливий колір і текстуру, збільшити оздоровчий ефект. Слід зазначити що використання різних поєднань натуральних компонентів сприяє створенню асортименту таких десертів, що в свою чергу розширює ринок збуту, а також аудиторію споживання.

У таблицях 6.5–6.7 наведено основні показники продуктів які будуть використані у розробці різних рецептур десертів медових оздоровчого призначення.

Актуальність використання вказаних інгредієнтів підтверджується результатами інших науковців. *Ahmad et al., (2022)* здійснювали оцінку показників якості насіння пажитника за антиоксидантними властивостями. Автори *(Leichtweis et all., 2022)* проводили оцінку показників якості гарбуза за вмістом фенольних сполук. У дослідженні *Dragomir et al. (2021)* оцінка якісних показників яблук у десерті визначалася за органолептичними показниками готового продукту та за вмістом аскорбінової кислоти і поліфенолів.

Автори *(Arooj et al., 2023)* визначали показники якості і безпечності насіння кунжуту за вмістом біоактивних лігнанів, та вмістом кальцію. *Li et al., (2024)* здійснювали оцінку якості рослинного молока на основі гарбузового насіння з використанням показників вмісту фенолів та антиоксидантної активності.

У дослідженні *Sheikh et al. (2023)* проведено оцінку кунжуту як компонента желе на основі насіння з використанням показників вмісту олеосоми та в'язкості. Автори *(Márquez et al., 2021)* здійснювали оцінку показників якості гарбуза за показниками целюлози, розчинності та водопоглинаючої здатності.

Almeida, L et al. (2021) досліджували вплив спіруліни на показники pH продуктів харчування. Автори *(Baenas at all., 2020)* здійснювали контроль якості і за вмістом розчинних і не розчинних фракцій харчових волокон малини. У дослідженні *(Dong et all., 2021)* оцінка показників якості ягоди обліпихи проведена з урахуванням вітаміну С, флавоноїдів, вільних жирних кислот, та каротиноїдів.

Таблиця 6.5. Основні показники порошку із м'якоті сушеного гарбуза та яблук, як інгредієнтів для виробництва оздоровчого десерту

Показник	**Гарбуз***	**Яблуко***
органолептичні		
Зовнішній вигляд	порошок	порошок
Колір	від жовто-оранжевого до коричневого	від блідо-жовтого до світло-кремового
Смак	солодкий, специфічний, пряний	солодкий, злегка кислуватий
Запах	характерний для гарбуза, без сторонніх запахів	характерний для яблука, без сторонніх запахів
фізико-хімічні		
Волога, %	14	5
Механічні домішки, %	NF	
поживна та енергетична цінність		
Білки, %	11	2
Жири, %	1	1
Вуглеводи, %	49	85
Харчові волокна, %	22	4
кКал на 100 г.	297	322
кДЖ на 100 г.	1251	1361

***Примітка**: згідно з ТУ У 10.3–41941689–001:2018, ТУ У 10.3-41941689-002: 2019; NF – не виявлено.*

Таблиця 6.6. Основні показники насіння гарбуза, пажитника та кунжуту, як інгредієнтів для виробництва оздоровчого десерту

Показник/насіння	Гарбуз[1]	Пажитник[2]	Кунжут[3]
органолептичні			
Текстура	тверда, не жорстка, злегка хрустка	тверда, не жорстка	тверда, не жорстка
Колір	кремовий, зеленувате	жовтий, світло-коричневий,	світло-, темно-коричневий
Смак	характерний для гарбуза, без гіркоти	злегка гіркий, з солодкими нотками	злегка горіховий
Запах	приємний, характерний для гарбуза	приємний, солодкуватий	характерний для кунжуту
фізико-хімічні			
Волога, %	6	12	10
Механічні домішки, %	NF		
поживна та енергетична цінність			
Білки, %	30	30	20
Жири, %	50	5	15
Вуглеводи, %	15	50	20
кКал на 100 г.	559	323	573
кДЖ на 100 г.	2340	1350	2398

***Примітка**: 1 – згідно ДСТУ 5046:2008; 2, 3 – згідно ТУ У 10.8-3474701915-001:2023; NF – не виявлено.*

Таблиця 6.6. Основні показники сублімованих ягід малини, обліпихи та спіруліни, як інгредієнтів для виробництва оздоровчого десерту

Показник	Малина[1]	Обліпиха[2]	Спіруліна
органолептичні			
Зовнішній вигляд	порошок	порошок	порошок
Колір	червоний	жовтий	зелений
Смак	кислувато-солодкий, характерний для малини	характерний для обліпихи	трав'янистий, без надмірної гіркоти
Запах	солодкий, фруктовий, характерний для малини	характерний для обліпихи	свіжий, злегка морський, трав'янистий
фізико-хімічні			
Вологість, %	5	5	10
Механічні домішки, %	NF		
поживна та енергетична цінність на 100 г			
Білки, г	8	5	70
Вуглеводи, г	79	27	10
Жири, г	4	14	20
кКал на 100 г.	333	183	315
кДЖ на 100 г.	1394	765	1319

***Примітка**: 1 – згідно ТУ У 10.3–42888815–002:2019; 2 – згідно ТУ У 15.3–34838293–001:2009; ND – не встановлюється; NF – не виявлено.*

У дослідженні *(Papadimitriou et all., 2021)* здійснювали оцінку показників безпечності за вмістом ціанобактерій у спіруліні. Авторами *(Lafarga et al., 2020)* проведена оцінка показників якості і безпечності спіруліни за вмістом біоактивних пігментів, таких як: хлорофіли,

каротиноїди та фікобіліпротеїни. Автори *(Papadimitriou et al., 2021)* проводили оцінку безпечності спіруліни за вмістом циліндроспермопсини, сакситоксинів та мікроцистини.

Оцінка якості та придатності сировини для розроблення рецептів десерту медового оздоровчого призначення з використанням різноманітних інгредієнтів є ключовим кроком у створенні продукту, який поєднує смакові якості з користю для здоров'я. Мед і продукція бджільництва виступають як головні інгредієнти, забезпечуючи солодкість та поживну цінність, формуючи консистенцію десерту. Мед, завдяки своїм антимікробним властивостям, також є консервантом та забезпечує подовжений термін зберігання десертів.

Сублімація рослинних складників дозволяє зберегти їхні поживні речовини, кольори та смаки. Вибір сублімованої сировини гарантує, що інгредієнти будуть багатими на вітаміни, антиоксиданти та інші корисні речовини. Сублімація також забезпечує легкість транспортування та тривале зберігання. Серед рослинних складників були обрані сушений гарбуз, яблуко, спіруліна, сублімовані ягоди малини та обліпихи. Спіруліна потужне джерело білків, вітамінів, мінералів та антиоксидантів, що робить її цінним інгредієнтом у медовому десерті оздоровчого призначення. Її використання може надати десерту унікальний колір, підвищити його поживну цінність і забезпечити оздоровчі властивості.

Для додавання у десерти обрали насіння гарбуза, пажитника та кунжуту. Насіння додає десертам поживні білки, корисні жири, клітковину та мінерали. Вони також забезпечують додаткову хрустку текстуру та смак.

Під час оцінювання сировини для розроблення рецептів десерту медового оздоровчого призначення враховували її сертифікації, а також – мікробіологічну безпеку, відсутність залишків пестицидів та важких металів, відповідність органолептичним та фізико-хімічним показникам, поживну та енергетичну цінність.

6.1.5. Розроблення рецептур десерту медового оздоровчого призначення. Нині спостерігається підвищення рівня захворювань, пов'язаних з незбалансованим харчуванням та зниженням якості продуктів, тому питання створення продуктів функціонального призначення набуває особливої актуальності. Серед різноманіття таких продуктів особливе місце займають десерти оздоровчого призначення, які не тільки задовільнять смакові потреби, але й сприяють покращенню здоров'я споживачів. Одним із перспективних напрямів є розробка десертів на основі меду, з додаванням рослинних компонентів з біологічно активними речовинами.

Šedík et al. (2019) зазначають, що у таких країнах, як Словаччина й Румунія, споживачі однаково відносять мед і до категорії їжа, і до категорії ліки. *Kaur et al. (2018)* розробили зернові безглютенові батончики для споживачів із непереносимістю глютену, з використанням меду, як зв'язувальної речовини, та додаванням: кіноа, коричневого рису, насіння льону та сухофруктів. Відома *(Petridis et al., 2020)* розроблена технологія молочного ферментованого мороженого десерту з йогурту, меду та гранатового соку з пониженим вмістом жиру. Відмічена *(Reuta & Kryviy, 2021)* користь десерту суфле з меду з позитивним впливом на стан імунітету, серцевого м'яза, травного тракту. Інші дослідження *(Pyrig & Dmytryshyn, 2023)* показали перевагу мед-крему завдяки кремоподібній консистенції, котра дозволяє зручно використовувати такий продукт з тостами, хлібом, фруктами, млинцями, додавати до чаю та кондитерських виробів, через відсутність кристалізації та затвердіння. Відомо *(Karahan et al., 2023),* що мед-крем може використовуватись як альтернатива кристалізованого меду без впливу на цукристість та інші показники продукту. Аналіз наукових джерел інформації доводить доцільність розроблення десерту на основі мед-крему та меду. Тому, метою цього етапу роботи було розроблення рецептур десертів медових оздоровчого призначення з додаванням продуктів бджільництва та рослинних компонентів з високою біологічною цінністю.

Матеріалами слугували мед соняшниковий, гарбуз сушений порошок, яблука сушені, шрот насіння гарбуза, пажитнику мелене, кунжуту, порошок спіруліни таблетований, сублімовані ягоди малини, обліпихи, екстракт водного прополісу, перга, бджолине обніжжя,

молочко маточне бджолине адсорбоване; нормативні документи та сертифікати якості на сировину. Показники якості та безпечності продукції бджільництва відповідали вимогам вказаним у ДСТУ 4497:2005; ДСТУ 7074:2009; ДСТУ 3127-95; ДСТУ 4666:2006. Фізико-хімічні показники гарбуза сушеного і насіння гарбуза відповідали вимогам ТУУ 10.3-41941689-001:2018, ТУУ 10.3-41941689-002:2019; малини сублімованої – ТУУ 10.3-42888815-002:2019; обліпихи – ТУУ 15.3-34838293-001:2009; насіння пажитника і кунжута – ТУУ 10.8-3474701915-001:2023.

Для розв'язання поставленого завдання експериментально розробили чотири рецептури медового десерту (табл. 6.7–6.10), де мед або мед-крем використовували як основу. Інші складники були попередньо досліджені та відібрані *(Chechitko & Adamchuk, 2024)* для додавання у основу. Серед них у різних комбінаціях: гарбуз сушений, шрот насіння гарбуза, насіння пажитника та кунжуту, спіруліна сушена, сублімовані ягоди малини, обліпихи та сублімоване яблуко, водний екстракт прополісу, перга, бджолине обніжжя та молочко маточне бджолине адсорбоване на лактозі (10%). Вказані складники використовували, як додаткові інгредієнти з вмістом біологічно-активних речовин, що зумовлюють оздоровчу дію на організм. Додаткові інгредієнти групували за впливом на організм, що відобразилося у робочій назві десертів медових.

Для відпрацювання рецептур експериментально комбінували інгредієнти у різних пропорціях для визначення оптимального складу, консистенції та інших органолептичних характеристик. Таким чином розроблено по 4 варіації на 4 основні рецептури десертів. Обов'язковим складником у всіх рецептурах було обрано гарбуз сушений для збагачення харчовими волокнами, білками, вуглеводами, жирними кислотами, каротиноїдами *(Chechitko & Adamchuk, 2024).* А також шрот з насіння гарбуза, який додавали з метою збільшення вмісту високоякісних рослинних білків, фенольних сполук, фітоестрогенів, жирних кислот, каротиноїдів та мінералів.

Десерт медовий за рецептурою №1, під робочою назвою «Протизапальний», містив як додаткові складники – спіруліну та водний екстракт прополісу (табл.6.7).

Таблиця 6.7. Рецептура №1, десерт медовий «Протизапальний»

Інгредієнти	Комбінація та кількість							
	1		2		3		4	
	г	%	г	%	г	%	г	%
Мед соняшниковий	680	68	680	68	-	-	-	-
Мед-крем соняшниковий	-	-	-	-	680	68	680	68
Гарбуз сушений (порошок)	113	11,3	170	17	113	11,3	170	17
Гарбуз насіння (шрот)	40	4	40	4	40	4	40	4
Спіруліна (порошок)	113	11,3	56	5,6	113	11,3	56	5,6
Прополіс, водний екстракт	34	3,4	34	3,4	34	3,4	34	3,4
Відходи за виробництво, %	20	2	20	2	20	2	20	2
Всього:	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100

Спіруліну використовували з метою підвищення поживної цінності десерту.

Відомо *(Gogna et al., 2023),* що спіруліна є джерелом заліза, кальцію, хрому, міді, магнію, марганцю, фосфору, калію, натрію та цинку, а також пігментів як хлорофіл та фікобіліпротеїнів. Відмічено *(AlFadhly et al., 2022)* велику концентрацію жирних кислот у спіруліні, таких як омега-3 та омега-6. *Grosshagauer et al. (2020)* звернули увагу на високий вміст вітаміну В12 у спіруліні. Відмічено *(Wan et al., 2021)* три основних біоактивних компонента спіруліни, білок фікоціанін, сульфатовані полісахариди та γ-ліноленова кислота.

Водний екстракт прополісу додавали з метою створення оздоровчої дії десерту, а саме протимікробних властивостей. Відомо *(Salleh et al., 2021)*, що прополіс містить поліфенольні сполуки, такі як флавоноїди та феноли. Дослідження *(Salleh et al., 2021)* показали вміст у прополісі: цукрів, карбонової кислоти, терпеноїдів, цукрового спирту, вуглеводню,

амінокислот, альдегідів. Встановлено *(Irigoiti et al., 2021)*, що смоли та бальзами, віск, ефірні олії та ароматичні речовини, жирні кислоти, пилок, органічні та мінеральні речовини є основними сполуками у прополісі

Десерт медовий № 2 «Відновлюючий» містив як додаткові складники сублімовану малину та пергу у природніх гранулах (табл. 6.8).

Сублімовану малину використовували з метою збагачення десерту фенольними сполуками. Відомо *(Singh et al., 2020)*, що малина є джерелом антиоксидантних поліфенолів. Дослідження *(Derrick, et al., 2021)* показали, що Rubus idaeus містить велику кількість фітонутрієнтів, здатних модулювати функції інсуліну.

Пергу додали з метою збагачення десерту мікроелементами, мінералами та фенольними сполуками. Дослідженнями *(Bakour et al., 2022)* підтверджено велику кількість жирних, органічних та амінокислот, мінералів, поліфенолів та вітамінів у перзі.

Таблиця 6.8. Рецептура №2, десерт медовий «Відновлюючий»

Інгредієнти	Комбінація та кількість							
	1		2		3		4	
	г	%	г	%	г	%	г	%
Мед соняшниковий	735	73,5	784	78,4	-	-	-	-
Мед-крем соняшниковий	-	-	-	-	735	73,5	784	78,4
Гарбуз сушений (порошок)	123	12,3	98	9,8	123	12,3	98	9,8
Гарбуз насіння (шрот)	25	2,5	26	2,6	25	2,5	26	2,6
Малина сублімована (порошок)	61	6,1	33	3,3	61	6,1	33	3,3
Перга, гранули	36	3,6	39	3,9	36	3,6	39	3,9
Відходи за виробництво, %	20	2	20	2	20	2	20	2
Всього:	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100

Десерт медовий за рецептурою №3 з робочою назвою «Мультикомплекс» містив як додаткові складники: насіння пажитнику мелене, сублімовані ягоди обліпихи, бджолине обніжжя подрібнене (табл. 6.9).

Таблиця 6.9. Рецептура №3, десерт медовий «Мультикомплекс»

Інгредієнти	Комбінація та кількість							
	1		2		3		4	
	г	%	г	%	г	%	г	%
Мед соняшниковий	755	75,5	750	75	-	-	-	-
Мед-крем соняшниковий	-	-	-	0	755	75,5	750	75
Гарбуз сушений (порошок)	63	6,3	93	9,3	63	6,3	93	9,3
Гарбуз насіння (шрот)	25	2,5	25	2,5	25	2,5	25	2,5
Пажитник насіння (мелене)	31	3,1	31	3,1	31	3,1	31	3,1
Обліпиха сублімована (порошок)	63	6,3	38	3,8	63	6,3	38	3,8
Бджолине обніжжя	38	3,8	38	3,8	38	3,8	38	3,8
Відходи за виробництво, %	25	2,5	25	2,5	25	2,5	25	2,5
Всього:	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100

Насіння пажитника використовували, як джерело білків і клітковини. Відомо *(Srivastava et al., 2022)*, що насіння пажитника містить велику кількість жирних кислот та корисних олій (жирів). Дослідження *(Singh et al., 2022)* вказують, що насіння пажитника містить амінокислоти, вітаміни, сапоніни і велику кількість фолієвої кислоти.

Сублімовані ягоди обліпихи додали з метою збагачення десерту поживними речовинами та біоактивними сполуками. Дослідження *(Gâtlan & Gutt, 2021)* вказують, що найціннішим компонентом обліпихи є її олія з високим вмістом олеїнової кислоти та омега-3, омега-6 та

фітостеролів. Відомо *(Wang et al., 2022)*, що обліпиха містить багато поживних компонентів, таких як вітаміни, каротиноїди, поліфеноли.

Подрібнене бджолине обніжжя використовували з метою збагачення десерта білками і полісахаридами. Дослідження *(Algethami et al., 2022; El Ghouizi et al., 2023)* вказують, що обніжжя містить білки, полісахариди, поліфеноли, ліпіди, мінерали, вітаміни, фенольні та леткі сполуки.

Медовий десерт №4 з робочою назвою «Молодість та краса» окрім основних складників, містив насіння кунжута, сублімоване яблуко та маточне бджолине молочко як додаткові компоненти з високою біологічною активністю (табл.6.10).

Таблиця 6.10. Рецептура №4, десерт медовий «Молодість та краса»

Інгредієнти	Комбінація та кількість							
	1		2		3		4	
	г	%	г	%	г	%	г	%
Мед соняшниковий	731	73,1	759	75,9	-	-	-	-
Мед-крем соняшниковий	-	-	-	-	731	73,1	759	75,9
Гарбуз сушений (порошок)	61	6,1	32	3,2	61	6,1	32	3,2
Гарбуз насіння (шрот)	24	2,4	25	2,5	24	2,4	25	2,5
Кунжут насіння	30	3	25	2,5	30	3	25	2,5
Яблуко сублімоване (порошок)	61	6,1	63	6,3	61	6,1	63	6,3
Молочко маточне бджолине адсорбоване на лактозі (10%)	73	7,3	76	7,6	73	7,3	76	7,6
Відходи за виробництво, %	20	2	20	2	20	2	20	2
Всього:	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100

Насіння кунжута додали в десерт з метою збільшення біоактивних компонентів. Дослідження *(Mohammed & Pattan, 2022; Mostashari & Mousavi Khaneghah, 2024)* вказують, що насіння кунжуту містить фітостероли, токофероли та лігани, а також *(Abbas et al., 2022)* сезамін, сезамінол та велику кількість ненасичених жирних кислот.

Сублімоване яблуко додавали з метою збагачення десертів клітковиною та вітамінами. Дослідження *(Cappellini et al., 2021)* свідчать про велику кількість антоціанів у яблуках. Відомо *(Koutsos et al., 2020)*, що яблука багаті біоактивними поліфенолами та клітковиною.

Молочко маточне бджолине використовували через великий вміст білків, вітамінів, мінералів у ньому. Дослідження *(Ahmad et al., 2020; Oršolić & Jazvinšćak Jembrek, 2024)* свідчать про високий вміст нейромедіаторів, антибактеріальних білків, пептидів, жирних кислот та фенольних сполук

Етапи процесу виробництва десерту медового оздоровчої призначення включали: підготовку сировини, змішування інгредієнтів, витримку та дозрівання, фасування і пакування, зберігання та маркування. На рис. 6.11 зображена запропонована технологічна схема виробництва десертів медових оздоровчого призначення.

На етапі підготовки сировини проводилось дозування інгредієнтів відповідно до рецептур та пропорцій.

На етапі змішування інгредієнтів дослідних зразків, мед або мед-крем поміщали у ємність та додавали сухі складники і перемішували ручним способом протягом 20 хв до досягання відповідної однорідної консистенції. Для промислових обсягів для змішування інгредієнтів рекомендуємо використовувати автоматичні кремовалки для меду. У рецептах з водним екстрактом прополісу, його вводили вже після додавання сухих інгредієнтів і доведення до однорідної консистенції.

Готовий десерт залишали на витримку та дозрівання протягом 12 год, за температури 15°С. Опісля десерт заповнювали у скляні банки, маркували, та закладали на зберігання до подальших досліджень.

Необхідність застосування, продуктів бджільництва та рослинної сировини у десертах оздоровчої дії доведена багатьма іншими вченими. Так, дослідження *(Saraswathi & Kavitha, 2023)* показали широкий спектр фармакологічних властивостей спіруліни, серед них протимікробні, протипухлинні, протизапальні, гіпохолестеринемічні, радіозахісні та металопротекторні. Дослідження *(Martins et al., 2020; Maroof et al., 2023; Luque-Bracho et al., 2023)* демонструють противірусну, антибактеріальну, протигрибкову та протипаразитарну дію прополісу. Відомо *(Rivera-Yañez et al., 2020)*, що прополіс володіє протидіабетичними властивостями шляхом зниження рівня глюкози.

Рис. 6.11. Технологічна схема виробництва десертів медових оздоровчого призначення

Відомо *(Nahya, 2024)*, що перга має антиоксидантні та протизапальні властивості. Відомо *(Algethami et al., 2022)*, що бджолине обніжжя має оздоровчий і лікувальний вплив, забезпечує захист від таких захворювань як: діабет, рак, інфекційні та серцево-судинні захворювання. *Piña-Contreras et al. (2022)* дослідили вплив малини на зниження рівня глюкози в крові. Відомо *(Lopez-Corona et al., 2022)*, що малина містить антоціани та елагітани, які забезпечують її антиоксидантну здатність. Споживання насіння пажитника *(Gupta et al., 2021)* може сприяти нормалізації рівня глюкози, зниження холестерину, виробленню гормону росту, а також проявляти протизапальну та протипухлинну дію. Дослідження *Faisal et al. (2024)* вказують на антидіабетичний, антиоксидантний та кардіопротекторний ефекти від споживання насіння пажитника.

Дослідження *(Wang et al., 2022)* вказують на антиоксидантну, протипухлинну, антигіперліпідемічну, протизапальну, антимікробну, противірусну та протизапальну дію обліпихи. Відомо *(Mohammed & Pattan, 2022)*, що насіння кунжута має високі антиоксидантні, протизапальні, антигіпертензивні та антиканцерогенні властивості.

Vallée Marcotte et al. (2022) вказують, що споживання яблука позитивно впливає на кардіометаболічні процеси організму та є профілактикою серцево-судинних захворювань. Дослідження *Koutsos et al. (2020),* вказують що яблука покращують ліпідний обмін та серцево-судинну систему. Доведено *(Oršolić & Jazvinšćak Jembrek, 2024),* що молочко маточне бджолине має судиннорозширювальну, гіпотензивну, антигіпер-холестеринемічну антиоксидантну, антистарільну, нейропротекторну дію.

Отже, на цьому етапі роботи було розроблено рецептури та відпрацьовано технологічний процес виробництва десерту медового оздоровчого призначення. Технологія медового десерту включає: підготовку сировини, змішування інгредієнтів, витримку та дозрівання, фасування, паковання, зберігання та маркування. Експериментальним шляхом встановлено співвідношення інгредієнтів для оптимального складу та консистенції медових десертів. На основі отриманих результатів досліджень визначено напрями для продовження експериментальних досліджень. Зокрема, необхідно дослідити органолептичні, фізико-хімічні показники та поживну цінність медових десертів. Автори висловлюють подяку ГО «Фундація жінок пасічниць» за допомогу у відпрацюванні рецептур.

6.1.6. Аналіз результатів споживчого оцінювання нового медового десерту оздоровчого призначення. Сучасна харчова промисловість активно вивчає можливості створення продуктів, що поєднують високу поживну цінність з користю для здоров'я. Мед, як натуральний продукт, багатий біологічно активними речовинами, є перспективним інгредієнтом для розробки інноваційних десертів *(Wati et al., 2024)*. Останні дослідження свідчать про зростання інтересу до органолептичної оцінки таких продуктів, що дозволяє оцінити їх якість, споживче сприйняття та комерційний потенціал (Chechitko & Adamchuk, 2024).

Вчені визначили фініковий мед Мазафаті як перспективний компонент для функціональних десертів, оскільки він покращує як смакові, так і корисні властивості, підтримуючи принципи екологічної стійкості. Оптимальне співвідношення меду (10,4%) та пробіотиків (0,20%) забезпечує збалансовані сенсорні характеристики та життєздатність пробіотиків *(Nikpour & Mosavian, 2025)*. Інші автори *(Rios et al., 2024)* оптимізували гель на основі меду за допомогою каппа-карагінану та камеді ріжкового дерева, досягнувши максимальної міцності гелю та бажаних сенсорних якостей, включаючи медовий аромат та смак. Ця інновація підтримує більш широке використання меду та полісахаридів у комерційних харчових продуктах.

George et al. (2024) виявили, що морозиво, виготовлене з різних сортів новозеландського меду (конюшина, кущ, похутукава, реварева, камахі, чебрець), містить значну кількість поліфенолів, включаючи хінну кислоту, пінокембрін, гідроксибензойну кислоту, пінобанксин і хризін. Морозиво з чебрецем і конюшиною медом показало найвищий рівень поліфенолів. Морозиво, підсолоджене сахарозою та похутукава, реварева та мед камахі, були найбільш популярними серед споживачів, що підкреслює його сенсорну привабливість та поживну цінність.

Вчені *(Pepito & Ross, 2024)* виявили, що важливо розробляти готові до вживання страви з високою поживною цінністю для літніх людей (65+), особливо сніданки та десерти. Доведено, що, незважаючи на користь для здоров'я, споживачі схильні віддавати перевагу таким смакам, як шоколад і цукор, а не меду або ванілі. Це підкреслює необхідність вивчення нових смакових рішень для здорових десертів на основі меду.

Функціональна їжа набирає значної популярності. Дослідження підтверджують, що імбирний сироп, виготовлений з натуральних інгредієнтів, таких як мед і лимон, ефективно вирішує проблеми зі здоров'ям, такі як нудота, розлади травлення та дискомфорт у дихальних

шляхах. Оптимальні концентрації забезпечують його безпеку, стабільність та ефективність, підкреслюючи його переваги для травлення, імунітету та рослинних засобів як у сучасній, так і в традиційній медицині *(Sawant & Gaikwad, 2025).*

*Chuensun & Intipunya (2025) о*птимізували формулу цукерок, включивши 10% чорничного концентрату, 17,06% желатину та 27,94% меду. Продукт отримав високі оцінки споживачів за свої органолептичні властивості, включаючи смак, аромат і текстуру: 98% респондентів визнали його прийнятним, а 78% висловили готовність його придбати. Дослідження показало, що заміна цукру та глюкозного сиропу медом та чорничним концентратом у виробництві желейних цукерок значно посилює антиоксидантну активність та підвищує рівень фенольних та флавоноїдних сполук. Желейні цукерки з найбільшою кількістю чорничного концентрату продемонстрували найсильніші антиоксидантні властивості, в той час як версія, що містить в рівних пропорціях мед і чорничний концентрат, отримала найбільш сприятливі відгуки споживачів. Ці результати підкреслюють потенціал натуральних інгредієнтів у створенні більш здорових і привабливих кондитерських виробів.

При виведенні на ринок інноваційних продуктів значний акцент робиться на їх органолептичні властивості. Дослідження *Kessler et al. (2022*) підкреслило потенціал використання натуральних продуктів із яскраво вираженими ароматами як ключових інгредієнтів у розробці інноваційних пропозицій.

Актуальність дослідження цього етапу роботи полягає в необхідності розробки десертів, які не тільки задовольняють смакові уподобання споживачів, а й сприяють їх здоров'ю. Метою дослідження є аналіз результатів органолептичної оцінки нового десерту на основі меду з користю для здоров'я, визначення його якості та ринкового потенціалу. Завданнями дослідження є оцінка сенсорних характеристик товару, аналіз сприйняття споживачів та виявлення інноваційних аспектів процесу розробки. Наукова новизна дослідження полягає в комплексному підході до оцінки десерту на основі меду, включенні сучасних методів сенсорного аналізу та врахуванні користі продукту для здоров'я.

У дослідженні використовували комплексний підхід, що включає сенсорний аналіз, опитування для оцінки сприйняття споживачів та вимірювання задоволеності, намірів щодо покупки та загальної привабливості продукту, а також статистичний аналіз з використанням методів дисперсійного аналізу (ANOVA) для визначення значущості результатів.

Використані матеріали включали чотири розроблені рецепти десертів на основі меду з оздоровчим впливом. Ці рецепти включали такі інгредієнти, як соняшниковий мед, сушений гарбузовий порошок, сушені яблука, борошно з насіння гарбуза, мелений пажитник, насіння кунжуту, гранульований порошок спіруліни, сублімовані ягоди малини, обліпиха, екстракт прополісу на водній основі, бджолине обніжжя, пергу та адсорбоване маточне молочко, а також нормативні документи та сертифікати якості на сировину.

Сенсорний аналіз. Органолептичні показники десерту оцінювала експертна група, що складалася з 10 навчених оцінювачів за стандартизованими методиками. Відбір експертів здійснювався відповідно до рекомендацій ISO 8586, а процес оцінювання відповідав загальним принципам, викладеним у ISO 13299. Описовий аналіз проводився з використанням методу кількісного описового аналізу (QDA). Експерти оцінили колір, смак, післясмак, текстуру, аромат, консистенцію та вказували загальне враження від десерту.

Методика оцінки споживчого сприйняття. Було використано метод закритого анкетування з використанням числової 10-бальної шкали для оцінювання дескрипторів респондентами. Опитування забезпечило одноманітність та зрозумілість запитань для усунення двозначності та збереження узгодженості даних. Дегустаційні сесії проводилися в контрольованих та ідентичних умовах для мінімізації помилок. Опитування охопило три окремі групи споживачів, по 50 респондентів у кожній, що представляють різні вікові діапазони за репрезентативністю результатів:

Група (G1) 1 (18–25 років): складалася з 25 чоловіків (підгрупа 1M) і 25 жінок (1F);

G2 (26–45 років): 25 чоловіків (2M) і 25 жінок (2F);

G3 (46–65 років): 25 чоловіків (3M) і 25 жінок (3F).

Кожна група оцінила чотири рецептури десертів, надавши загальний і диференційний набір даних для аналізу. Такий підхід забезпечив збалансоване представництво за віковими та гендерними демографічними показниками.

Статистичний аналіз. Дисперсійний аналіз (ANOVA) був використаний для аналізу даних, отриманих в результаті сенсорних і споживчих оцінок. Органолептичні показники десерту були агреговані для кожного дескриптора. Результати опитування споживачів були організовані за трьома віковими групами. Для кожного дескриптора була побудована модель ANOVA для вивчення впливу окремих факторів – групи споживачів, вікової категорії та інгредієнтів десерту – на бали оцінки. Результати ANOVA були використані для оцінки статистичної значущості відмінностей у середніх оцінках у різних групах. Такі показники, як F-статистика та p-значення, були розглянуті, щоб визначити, чи були спостережувані відмінності статистично значущими. Інтерпретація результатів аналізу дозволила зробити висновки щодо впливу компонентів десерту та вікових груп споживачів на сприйняття та оцінку продукту.

Під час складання рецептур була проведена комплексна оцінка консистенції, смаку, кольору, аромату та текстури, оскільки ці органолептичні параметри є критично важливими детермінантами споживчих переваг та прийняття продукції. На основі попередніх досліджень було обрано найоптимальніші варіанти серед новостворених рецептур. Це були чотири різні рецептури, кожна з яких включає унікальні біологічно активні компоненти для посилення їх функціональних властивостей і харчової цінності (табл. 6.11–6.14).

Усі рецептури медових десертів були стандартизовані шляхом включення сушеного гарбуза, який служив джерелом харчових волокон, білків, вуглеводів, жирних кислот і каротиноїдів, а також борошна з гарбузового насіння для збагачення рецептів високоякісними рослинними білками, фенольними сполуками, фітоестрогенами, жирними кислотами, каротиноїдами та необхідними мінералами. Ці компоненти були обрані як основні базові інгредієнти для всіх рецептів, щоб забезпечити як покращення поживних речовин, так і функціональну цінність.

Дослідження, проведені різними вченими щодо поживних та дієтичних властивостей гарбуза, також підкреслюють його багатогранні переваги та значну роль у зміцненні здоров'я людини завдяки широкому спектру терапевтичних ефектів. Наприклад, *Batool et al. (2022)* наголошують на антиоксидантних, протизапальних та антимікробних властивостях гарбуза, які сприяють покращенню загального стану здоров'я та запобіганню хронічним захворюванням. *Patel et al. (2023)* зосереджуються на біологічно активних компонентах гарбузового насіння, таких як фітостероли, ненасичені жирні кислоти та фенольні сполуки, які виявляють протидіабетичну та антигіпертензивну дію. Крім того, *Gavril et al. (2024)* досліджують гарбуз та його побічні продукти як джерела олеїнової кислоти, каротиноїдів і поліфенолів, які відіграють значну роль у підтримці імунної системи, регулюванні обміну речовин і зниженні ризику серцево-судинних захворювань.

До складу десерту «Протизапальний» увійшли спіруліна та водний екстракт прополісу як додаткові інгредієнти, що сприяло його характерному темно-зеленому забарвленню та унікальному смаковому профілю, схожому на халву (табл. 6.11).

Експерти у своїй оцінці підкреслили, що текстура була рівномірно гладкою, доповненою ароматом, що нагадує свіжу зелень і лісові ноти. Спіруліна була інтегрована для підвищення біологічно активних властивостей десерту за допомогою складних сполук, включаючи білок фікоціанін і γ-ліноленову кислоту. Прополіс, що відрізняється великим вмістом поліфенолів, був доданий для додання антимікробних властивостей, тим самим ще більше посилюючи функціональні характеристики продукту.

Результати інших дослідників також демонструють широке потенційне застосування спіруліни та прополісу для покращення функціональних властивостей харчових продуктів. Наприклад, *Shrivastava et al. (2024)* досліджували включення спіруліни в рецептури шоколаду, збагачуючи продукт білками, такими як фікоціанін, і жирними кислотами, включаючи γ-

ліноленову кислоту. Продемонстрована методика оптимізації рецептури значно поліпшила функціональні характеристики продукту, зокрема його антиоксидантну здатність.

Таблиця 6.11. Результати QDA для десерту «Протизапальний» (рецепт 1, n=10)

Зображення	Ознака	Середній бал*	Дескриптор
	колір	9,2	темно-зелений, натуральний, з яскравою насиченістю
	аромат	8,7	свіжий, з нотами зелені та лісу, добре збалансований
	смак	8,5	незвичайний, що нагадує халву, гармонійний і привабливий для більшості
	післясмак	8,3	легкий, приємний, з протяжними нотками прополісу
	текстура	9,0	однорідна, гладка, без зернистості та небажаних властивостей
	консистенція	8,8	збалансована, акуратна, візуально приваблива

Примітка: **за шкалою від 0 до 10; розроблено авторами на основі власних досліджень; автор фото Марини Чмєль, 2024.*

AlFadhly et al. (2022) надали глибокий огляд біологічно активних компонентів спіруліни, включаючи фенольні сполуки, полісахариди та білкові структури, підкресливши їхню виражену антиоксидантну, протизапальну та імуномодулюючу дію. Ці властивості підкреслюють універсальність спіруліни як інгредієнта функціональних харчових продуктів, включаючи десерти.

Прополіс також викликав значний інтерес серед дослідників. *Al Marzooqi et al. (2025)* досліджували його антимікробні властивості, пов'язані з високим вмістом поліфенолів, і антиоксидантний потенціал, який ефективно продовжував термін придатності харчових продуктів. Хоча їхнє дослідження було зосереджено на збереженні м'яса, функціональні властивості прополісу можуть бути ефективно використані в десертах для покращення їх біологічно активного профілю.

Рецептура «Відновлюючий» десерту відрізнялася додаванням ягід сублімованої малини та натуральних гранул перги, як додаткових інгредієнтів (табл. 6.12).

Таблиця 6.12. Результати QDA для десерту «Відновлюючий» (рецепт 2, n=10)

Зображення	Ознака	Середній бал*	Дескриптор
	колір	9,4	насичений малиновий, натуральний та яскравий
	аромат	8,9	виразний малиновий аромат з освіжаючою ноткою
	смак	8,6	легко терпкий, освіжаючий, гармонійний, з кислинкою
	післясмак	8,4	легкий, приємний, тривалої дії з малиновими нотками
	текстура	7,8	неоднорідний, грудкуватий, з трохи неоднорідною структурою
	консистенція	7,5	досить хороший, але дещо нерівномірний через включення натуральних гранул перги

Примітка: **за шкалою від 0 до 10; розроблено авторами на основі власних досліджень; автор фото Марини Чмєль, 2024.*

Десерт 2 мав яскравий малиновий відтінок і аромат, а також неоднорідну, грудкувату текстуру та дещо грудкуватою консистенцію. Смаковий профіль включав тонку кислинку, що сприяло освіжаючій характеристиці. Малина була включена як джерело антиоксидантних поліфенолів і фітонутрієнтів, відомих своїм потенціалом у модулюванні функцій інсуліну. Крім того, перга була додана для покращення профілю поживних речовин жирними кислотами, амінокислотами, мінералами, поліфенолами та вітамінами, що ще більше посилило функціональні властивості десерту.

Висновки інших дослідників підкреслюють перспективне застосування сублімованих ягід малини та перги для покращення функціональних властивостей харчових продуктів. Наприклад, *Pecyna et al. (2024)* продемонстрували вплив включення сушених малинових вичавок у безглютеновий хліб, значно збільшивши загальний вміст поліфенолів на 81,75% і антиоксидантну здатність на 159,54% (за виміром ABTS). Це підкреслює високі антиоксидантні властивості малини, роблячи її функціональним інгредієнтом для різних харчових рецептур. *Marino et al. (2024)* додатково розглянули харчовий і фітохімічний профіль ліофілізованої малини, виявивши високий рівень антоціанів, таких як ціанідин-3-глюкозид, і незамінних жирних кислот, таких як лінолева кислота. Ці сполуки сприяють корисним властивостям малини, особливо в модулюванні метаболічних функцій.

Ertosun et al. (2024) досліджували інтеграцію перги в харчові продукти, зазначивши її здатність підвищувати поживну цінність завдяки багатому складу амінокислот, поліфенолів, вітамінів і жирних кислот. Крім того, антимікробні властивості перги та її вплив на сенсорний профіль десерту підкреслюють функціональний потенціал. Разом, ці дослідження узгоджуються з включенням ягід сублімованої малини та перги в «Відновлюючий» десерт, демонструючи обгрунтовані переваги в покращенні антиоксидантної здатності, поживної цінності та сенсорної привабливості готового продукту.

Десерт «Мультикомплекс» був збагачений насінням пажитника, сублімованими плодами обліпихи та бджолиним обніжжям як додатковими функціональними інгредієнтами (табл. 6.13).

Таблиця 6.13. Результати QDA для десерту «Мультикомплекс» (рецепт 3, n=10)

Зображення	Ознака	Середній бал*	Дескриптор
	колір	7,5	неоднорідніий з природними варіаціями від жовтого до світло-оранжевого, з темними вкрапленнями
	аромат	8,2	свіжий, з легкими цитрусовими нотками, характерними для обліпихи
	смак	7,0	дуже кислий, різко виражений, освіжаючий
	післясмак	7,1	легкий, кислуватий, стійкий, освіжаючий
	текстура	6,8	грудкувата, неоднорідна, через включення обніжок, пажитника
	консистенція	6,5	рідка, нестійка, але натуральна для складу десерту, менш приваблива

Примітка: **за шкалою від 0 до 10; розроблено авторами на основі власних досліджень; автор фото Марини Чмєль, 2024.*

Десерт 3 був оцінений фахівцями як такий, що має неоднорідний колір і текстуру, та супроводжується рідкою консистенцією. Його смаковий профіль був охарактеризований як виразно кислий, що забезпечує гостре та освіжаюче сенсорне відчуття. Насіння пажитника служило джерелом необхідних поживних речовин, включаючи білок, харчові волокна, жирні

кислоти та фолієву кислоту. Сублімовані плоди обліпихи була включені для покращення рецептури біологічно активними сполуками, такими як олеїнова кислота, омега-3 та омега-6 жирні кислоти, фітостероли, каротиноїди та поліфеноли. Бджолине обніжжя також впливало на харчовий профіль десерту, забезпечуючи вміст поліфенолів, ліпідів, мінералів, вітамінів та фенольних сполук, що в сукупності посилювало оздоровчі властивості готового продукту.

Аналіз останніх досліджень підкреслює перспективність використання пажитника, сублімованої обліпихи, бджолиного пилку в розробці функціональних харчових продуктів. *Sharma and Yadav (2024)* підкреслили харчовий і терапевтичний потенціал насіння пажитника, зокрема багатий вміст білків, харчових волокон, жирних кислот і фолієвої кислоти. Ці компоненти є невід'ємною частиною підтримки метаболічних функцій і забезпечення антиоксидантної дії, що робить пажитник цінним інгредієнтом у функціональних продуктах. *Mihal et al. (2023)* досліджували біологічно активні складові сублімованої обліпихи, наголошуючи на високому рівні олеїнової кислоти, омега-3 і омега-6 жирних кислот, фітостеролів, каротиноїдів і поліфенолів. Ці сполуки продемонстрували значні антиоксидантні, протизапальні та метаболічні вдастивості, що підкреслює функціональну універсальність обліпихи, особливо в харчових продуктах, таких як десерти.

Ertosun et al. (2024) продемонстрували функціональні властивості бджолиного обніжжя, визначивши його здатність збагачувати харчові продукти поліфенолами, ліпідами, мінералами, вітамінами та фенольними сполуками. Дослідження також підкреслило його антимікробні властивості та внесок у сенсорні характеристики, що робить його багатогранним інгредієнтом для підвищення як харчової цінності, так і привабливості продукту. Ці результати надають обґрунтування для включення пажитника, сублімованих плодів обліпихи та бджолиного обніжжя в десерт «Мультикомплекс», демонструючи їх колективний вплив на покращення біоактивних профілів, сенсорних властивостей та загальної харчової цінності.

Десерт «Молодість і краса» був збагачений кунжутом, сублімованим яблуком і бджолиним маточним молочком, як функціональними інгредієнтами (табл. 6.14).

Таблиця 6.14. Результати QDA для десерту «Молодість і краса с» (рецепт 4, n=10)

Зображення	Ознака	Середній бал*	Дескриптор
	колір	8,8	ніжний, пастельний, зі світлими жовтуватими відтінками
	аромат	9,2	приємний, ніжний, з тонкими фруктовими нотками яблука
	смак	9,0	дуже ніжний, добре збалансований, з легким солодкуватим акцентом
	післясмак	8,7	легкий, приємний, з тривалими фруктовими нотками
	текстура	9,4	пастоподібна, однорідна, м'яка і приємна
	консистенція	9,3	однорідна з включеннями насіння кунжуту, ідеально підходить для десерту

Примітка: **за шкалою від 0 до 10; розроблено авторами на основі власних досліджень; автор фото Марини Чмєль, 2024.*

Рецептура десерту 4, за оцінкою фахівців, відрізнялася найніжнішим смаком і ароматом, доповненим приємною, пастоподібною текстурою. Насіння кунжуту містить біологічно активні сполуки, включаючи фітостероли, токофероли, лігнани, сезамін, сезамінол і жирні кислоти, покращуючи поживний і функціональний профіль десерту. Сублімоване яблуко слугувало джерелом харчових волокон, антоціанів і поліфенолів, додатково збагачуючи десерт антиоксидантними та оздоровчими властивостями. Додатково яблуко створювало пастоподібну текстуру. Бджолине маточне молочко забезпечило унікальний склад

нейромедіаторів, антибактеріальних білків, пептидів, жирних кислот і фенольних сполук, посилюючи терапевтичний потенціал десерту та загальну біоактивність.

Аналіз наукових досліджень наголошує на функціональному потенціалі насіння кунжуту, сублімованого яблука та бджолиного маточного молочка, як ключових інгредієнтів у харчових продуктах, спрямованих на зміцнення здоров'я та гарного самопочуття. *Jafari et al. (2025)* підкреслили біологічно активні властивості насіння кунжуту, зокрема вміст у ньому фітостеролів, токоферолів, лігнанів, сезаміну та сезамінолу, які пов'язані з покращенням ліпідного профілю, зменшенням запалення та управлінням окислювальним стресом. *Mostashari & Khaneghah (2024)* проаналізували сублімоване яблуко, зазначивши його багатий склад харчових волокон, антоціанів і поліфенолів, які сприяють високим антиоксидантним властивостям і потенційній користі для серцево-судинної системи та метаболічного здоров'я. Процес сублімаційного сушіння також був виділений, як метод збереження цих біологічно активних сполук, що робить яблучний порошок ефективним функціональним інгредієнтом.

Крім того, *Oboulbiga et al. (2023)* досліджували властивості маточного молочка, зосереджуючись на вмісті нейромедіаторів, антибактеріальних білків, пептидів і фенольних сполук. Ці компоненти пов'язані з покращенням імунної відповіді, антибактеріальною активністю та покращенням загальної біоактивності харчових формул. У сукупності ці дослідження підтверджують включення насіння кунжуту, сублімованого яблука та маточного молочка в десерт «Молодість і краса» не лише за формування смаку й текстури, але й за значний оздоровчий і терапевтичний потенціал.

Наступним етапом стала оцінка споживчого сприйняття (рис. 6.12).

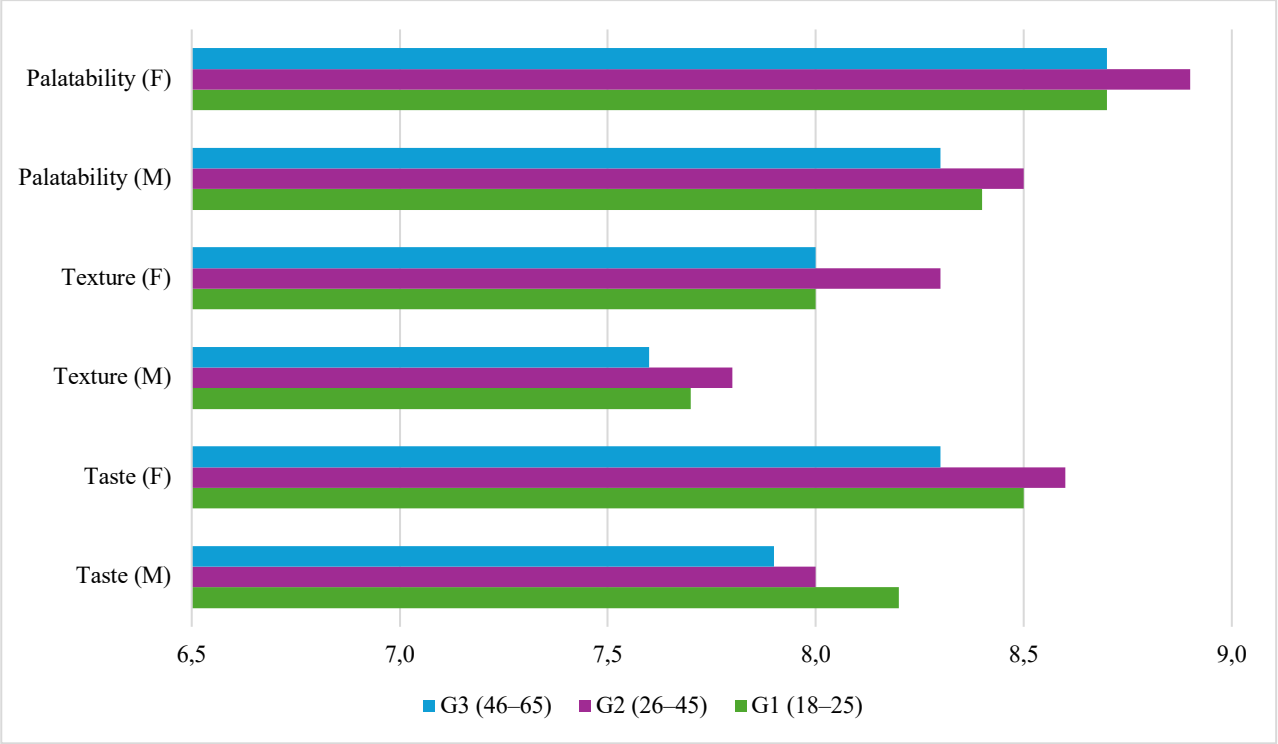


Рисунок 6.12. Усереднені оцінки споживачів за дескрипторами сенсорного аналізу залежно від віку та статті

Примітка: *G1–G3 – роки, вікові групи; M – чоловік, F– жінка; 6,5–9,0 – оцінки споживачів за 10-бальною шкалою; n = 150 учасників, по 25 у кожній підгрупі; розроблено авторами на основі власних досліджень; palatability – палатабельність, термін, що описує наскільки приємною є їжа, враховуючи її смак, запах та текстуру, тобто рівень задоволення від споживання; texture – текстура, що включає в себе задоволеність від візуального вигляду, консистенції та текстури на смак; taste – загальні смакові відчуття/якості, що включають смак, післясмак, смаковитість (флевор).*

Згідно з результатами, найвищі бали оцінювання зафіксовано серед жінок-споживачок віком 26–45 років. Текстура була визначена як найменш сприятливий сенсорний атрибут, ймовірно, через очікування споживачів щодо продукту, схожого на мед. Загальні смакові якості були найвищим показником, так як учасники пояснювали це гармонією смаку і аромату. Аналогічні результати були отримані також під час оцінювання медовухи з акацієвого та евкаліптового медів *(Reitenbach et al., 2025)*. Вчені наголошують на важливості вибору відповідних інгредієнтів, пропонують подальші дослідження екзотичних сортів меду, а також використання трав і фруктів для посилення ароматичних профілів.

Дослідники *(Araújo & Arruda, 2024)* також рекомендували подальше дослідження сприйняття продуктів харчування споживачами, що не лише покращить розуміння ринку, але й сприятиме більшій довірі серед майбутніх клієнтів. Інформаційна асиметрія між виробниками, споживачами та контролюючими органами залишається ключовим фактором, що сприяє скептицизму споживачів щодо безпеки та надійності як продукту, так і його виробника. Це зберігається, незважаючи на прогрес у практиці маркування харчових продуктів, який тепер включає назви продуктів, списки інгредієнтів, інформацію про харчову цінність і твердження, пов'язані зі здоров'ям (алергени, ГМО). Тим не менш, розуміння такої інформації часто обмежується фахівцями в цій галузі, тим самим перешкоджаючи прийняттю обґрунтованих рішень серед широкої громадськості.

Для перевірки достовірності результатів було проведено дисперсійний аналіз (ANOVA). Були розглянуті наступні гіпотези.

Нульова гіпотеза (H_0). Немає статистично значущих відмінностей у середніх оцінках дескрипторів (смак, текстура, задоволення) у вікових групах (G1, G2, G3) або між гендерними підгрупами (чоловіки та жінки).

Альтернативна гіпотеза (H_1). Існують статистично значущі відмінності в середніх оцінках дескрипторів принаймні між однією з вікових груп або гендерних підгруп.

Результати ANOVA зведені в табл. 6.15.

Таблиця 6.15. ANOVA для дескрипторних рейтингів за віковими групами та гендерними підгрупами (n=150)

Дескриптор	Вікова група		Гендерна підгрупа	
	F-статистика	p-значення	F-статистика	p-значення
Palatability	4,21	0,02	3,45	0,03
Texture	5,12	0,01	2,89	0,04
Taste	6,78	0,005	4,25	0,02

Примітка: *F-статистика – показник варіативності між групами; p-значення – рівень статистичної значущості; palatability – палатабельність, термін, що описує наскільки приємною є їжа, враховуючи її смак, запах та текстуру, тобто рівень задоволення від споживання; texture – текстура, що включає в себе задоволеність від візуального вигляду, консистенції та текстури на смак; taste – загальні смакові відчуття/якості, що включають смак, післясмак, смаковитість (флевор).*

F-статистика показує варіативності між групами, тобто порівнює розбіжності між середніми значеннями різних груп (наприклад, вікових категорій) із внутрішньо груповою варіативністю. Чим вищий F-показник, тим більша ймовірність, що відмінності між групами є не випадковими, а зумовлені певними факторами.

p-значення вказує на рівень статистичної значущості, тобто ймовірність, що спостережувані відмінності могли виникнути випадково, тобто без реального впливу фактора на кінцевий результат. Чим нижче p, тим більша впевненість, що фактор дійсно впливає. Типові пороги: $p < 0,05$ – значущий результат; $p < 0,01$ – високозначущий; $p > 0,05$ – незначущий (можливо, ефект не істотний).

Аналіз дисперсії (ANOVA) виявив статистично значущі відмінності в дескрипторних оцінках (смак, текстура, задоволеність) як у вікових групах (G1, G2, G3), так і в гендерних підгрупах (чоловіки, жінки). Результати були проаналізовані для кожного дескриптора окремо, щоб визначити ключові споживчі переваги та тенденції.

F-статистичне значення 4,21 і p-значення 0,02 вказують на наявність значних відмінностей у смакових оцінках у вікових групах G1, G2 та G3. Молодші споживачі (G1) продемонстрували найвищий середній рейтинг смаку (8,2), тоді як старші споживачі (G3) продемонстрували найнижчий середній бал смаку (7,9). Це свідчить про те, що рецептури десертів, можливо, були оптимізовані для смакових уподобань молодшої демографічної групи, але менш відповідають очікуванням старших груп.

Оцінки текстур також показали значні відмінності ($F = 5,12$; $p = 0,01$). Середні показники свідчать про зниження з віком: G1 – 7,7, G2 – 7,8, G3 – 7,6. Ця тенденція може відображати відмінності у фізіологічних характеристиках або очікуваннях щодо консистенції десерту в різних вікових групах. F-статистика 6,78 ($p = 0,005$) підкреслює значні відмінності в загальній задоволеності продуктом (смакові якості). Найвищі середні бали спостерігаються для групи G2 (8,5), потенційно через баланс смакових і текстурних характеристик, привабливих для цієї демографічної групи середнього віку.

Гендерний аналіз також підтвердив статистично значущі відмінності за всіма дескрипторами: смак ($F = 3,45$; $p = 0,03$), текстура ($F = 2,89$; $p = 0,04$), задоволення ($F = 4,25$; $p = 0,02$). Жінки-споживачі постійно надавали вищі оцінки за всіма параметрами (наприклад, середня оцінка смаку для жінок у G2 – 8,6, для чоловіків – 8,0). Це може свідчити про те, що жінки більш позитивно ставляться до солодких десертів або використовують більш розбірливий підхід до оцінки рецептур.

На рис. 6.13 представлені результати оцінки споживачів різних рецептур.

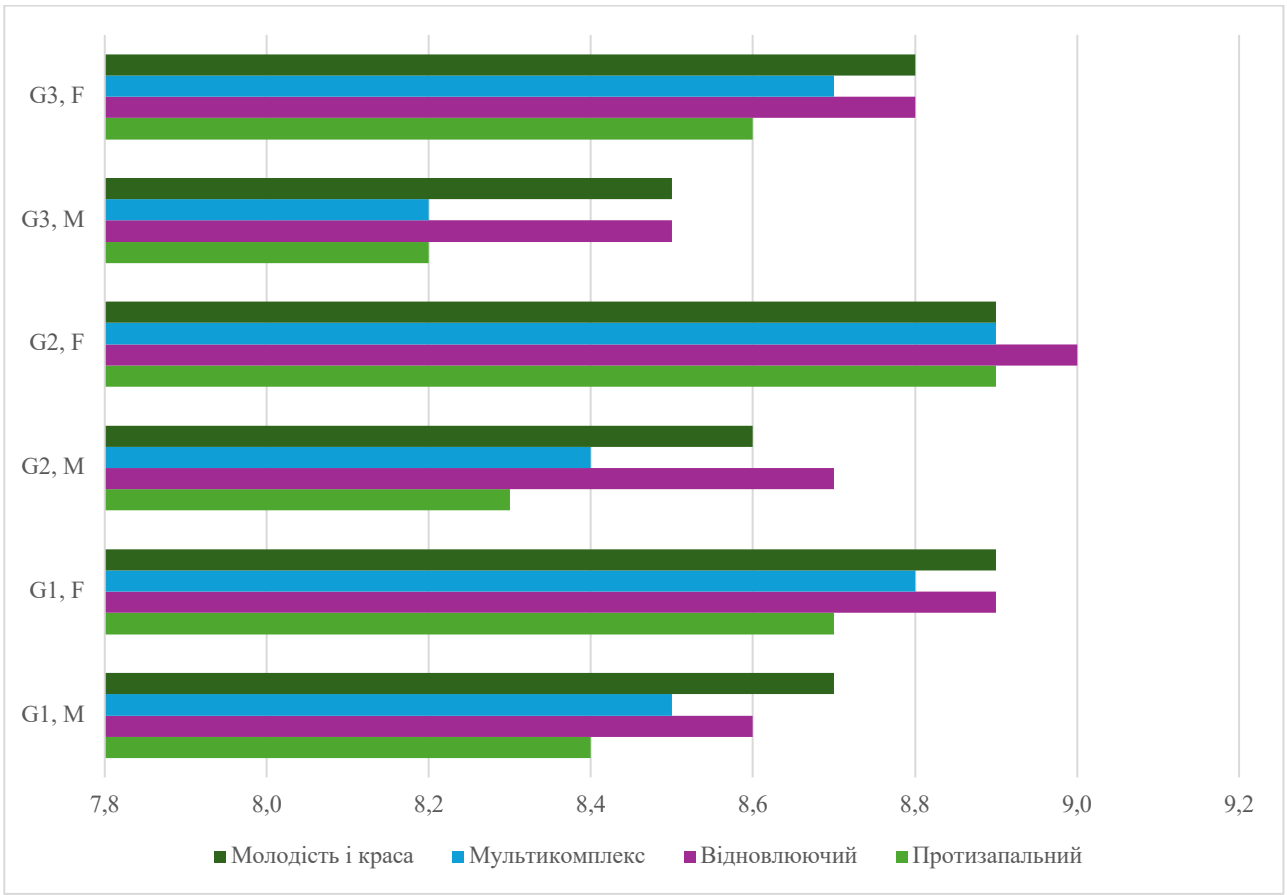


Рисунок 6.13. Усереднені оцінки споживачів за задоволеністю смаковими якостями різних рецептур десертів медових (n = 150)

Примітка: *G1-G3 – роки, вікові групи; M – чоловік, F – жінка; 6,8–9,2 – оцінки споживачів за 10-бальною шкалою; n = 150 учасників, по 25 у кожній підгрупі.*

Показник задоволеності порівнювали в чотирьох рецептурах десертів, трьох вікових групах (G1, G2, G3) і гендерних підгрупах (чоловіки, жінки) за допомогою аналізу дисперсії (ANOVA). Перевірені гіпотези полягали в наступному.

Нульова гіпотеза (H_0). Статистично значущих відмінностей в оцінках задоволеності серед рецептур десертів немає.

Альтернативна гіпотеза (H_1). Принаймні одна рецептура десерту демонструє статистично значущу різницю в оцінках задоволеності в порівнянні з іншими.

Результати ANOVA зведені в таблицю 6.16.

Таблиця 6.16. ANOVA за результатами дослідження задоволеності від споживання десертів у різних вікових та гендерних підгрупах

Десерт	F-статистика	p-значення
Протизапальний	3,98	0,016
Відновлюючий	4,45	0,011
Мультикомплекс	3,82	0,019
Молодість і краса	4,68	0,009

Примітка: *F-статистика – показник варіативності між групами; p-значення – рівень статистичної значущості.*

Значення p для всіх рецептур нижчі за поріг 0,05, що підтверджує статистично значущі відмінності в оцінках задоволеності серед рецептур десертів. Рецепт «Молодість і краса» незмінно отримував вищі оцінки задоволеності у всіх вікових групах і гендерних підгрупах, що свідчить про високу привабливість для споживачів. Десерт «Протизапальний» продемонструв дещо нижчі показники у віковій групі G3, що вказує на необхідність подальшої оптимізації рецептури для підвищення задоволеності серед споживачів старшого віку. Рейтинги смакових якостей значно варіювалися в різних вікових групах, причому молодші споживачі (G1) і споживачі середнього віку (G2) демонстрували сильніші переваги до рецептур «Відновлення» та «Молодість і краса».

Значну роль в оцінці смаку відіграє сприйняття текстури. Селективне управління смаком – це концепція, що стосується здатності впливати на сприйняття смаку за допомогою різних факторів, таких як аромат, текстура та температура їжі. Дослідники продемонстрували вирішальну роль селективного управління смаком для хворих на рак, які частково втратили функцію смакових рецепторів *(Geurden et al., 2025).*

Вплив ключових факторів на вибір споживачів оцінювався на основі смакових уподобань, вартості десерту та передбачуваного впливу на здоров'я кожної рецептури. Після статистичної обробки відповідей результати візуалізували за допомогою кругових діаграм з відсотковими показниками (рис. 6.14).

У всіх рецептурах «taste» став найбільш значущим фактором для споживачів, маючи найбільшу відсоткову вагу в дистрибуції. Десерт «Молодість і краса» посів найвище місце за смаковими якостями (48%), що вказує на високу привабливість для споживачів, які віддають перевагу насолоді смаком під час купівлі. Десерт «Відновлюючий» також показав високий бал (46%), що свідчить про значний потенціал для залучення споживачів, орієнтованих на смакові якості.

Важливість вартості десерту варіювалася в різних рецептурах, але в цілому залишалася найменш зваженим фактором. «Відновлюючий» отримав найнижчу оцінку важливості за ціною (23%), що вказує на те, що споживачі можуть сильніше цінувати інші атрибути, такі як смак і вплив на здоров'я. Десерти «Мультикомплекс» та «Молодість і краса» мали дещо вищі показники цінової важливості (25% і 24% відповідно), що відображає більш збалансований підхід споживачів до оцінки.

Для рецепту «Відновлюючий» фактор «оздоровчий вплив» мав найвищу вагу (31%) серед усіх десертів, що свідчить про сильну привабливість для споживачів, які піклуються про своє здоров'я та також цінують смак. Для «Протизапальний» та «Мультикомплекс» зафіксували ідентичні показники важливості для здоров'я (30%), що вказує на збалансоване сприйняття впливу на здоров'я та інших факторів.

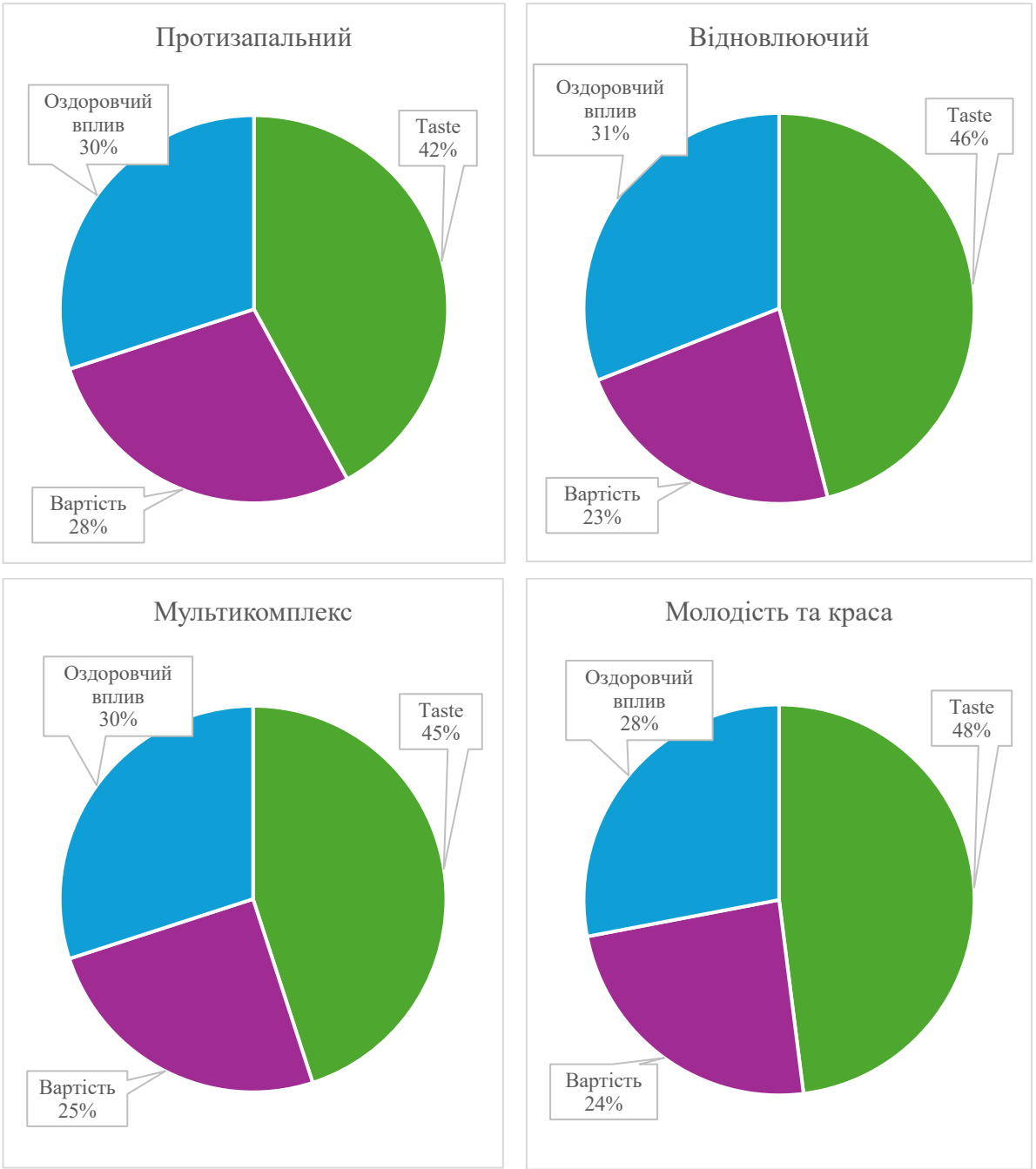


Рисунок 6.14. Розподіл факторів, що впливають на рішення споживача про придбання нового десерту

Примітка: *n = 150 учасників; taste – загальні смакові відчуття/якості, що включають смак, післясмак, смаковитість (флевор); розроблено авторами на основі власних досліджень.*

У десерті «Молодість і краса» фактор «оздоровчий вплив» був оцінений як найнижчий (28%), не зважаючи на інформацію надану споживачам про користь та біологічну активність компонентів.

Виходячи з отриманих результатів, рецепт «Молодість і краса» продемонстрував найвищу задоволеність споживачів, особливо з точки зору смаку, що зробило десерт найбільш

перспективним для початкового виходу на ринок. Маркетингові зусилля повинні робити акцент на загальноприйнятному смаковому профілі, орієнтуючись на споживачів молодшого та середнього віку (віком 26–45 років), жінок, які продемонстрували надання переваги смаку та сенсорному профілю.

Рецепт «Відновлюючий» з її високими оцінками як за смаком, так і за впливом на здоров'я добре підходить для подальшого розширення лінійки медових продуктів, спрямованої на споживачів, які піклуються про своє здоров'я. Маркетингова стратегія повинена бути зосереджена на функціональних перевагах у поєднані з гармонійним смаком.

Клінічні або біохімічні дослідження, можуть посилити твердження, пов'язані з користю для здоров'я, і залучити вмотивованих до функціонального харчування споживачів. На процес вибору десерту впливає безліч факторів, включаючи сенсорні характеристики, вплив на здоров'я, ціну та загальну задоволеність продуктом. На основі даних про переваги споживачів визначали ймовірність покупки за конкретною рецептурою кожного десерту (рис. 6.15).

Рисунок 6.15. Імовірність покупки за рецептурою десерту

Примітка: *n = 150 учасників; розроблено авторами на основі власних досліджень.*

Аналіз ймовірності придбання десертів показав, що рецепт «Молодість і краса» отримав найвищу оцінку (73%), що свідчить про високу привабливість десерту для споживачів. На другому місці десерти «Відновлюючий» (71%) і «Мультикомплекс» (70%), які демонструють стабільно високий рівень інтересу споживачів. Це підкреслює їх конкурентоспроможність у категорії функціональних десертів, які поєднують смак із користю для здоров'я. Рецепт «Протизапальний» показує найнижчу оцінку (68%), хоча достатньо високою для ефективного представлення на ринку. Подальші дослідження цього десерту повинені бути спрямований на поліпшення текстури, кольору або інших характеристик для підвищення його привабливості серед цільової аудиторії. Таким чином, отримані дані не тільки оцінюють поточний рівень інтересу споживачів, а й закладають основу для оптимізації рецептур і підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку.

Отже, було проведено комплексний аналіз уподобань споживачів за сенсорними характеристиками та факторів впливу на рішення про покупку нових десертів медових оздоровчого призначення. Аналіз дисперсії (ANOVA) споживчих оцінок за сенсорними дескрипторами виявив статистично значущі відмінності ($p < 0,05$) між віковими групами (G1, G2, G3) та статтю (чоловіки/жінки). Жінки у віці 26–45 років частіше давали більш високі оцінки за смак і текстуру нових десертів на основі меду. Вищі оцінки жінок-споживачів свідчать про більш сильне прийняття рецептур, які можуть бути використані в маркетингових стратегіях. Рецептури десертів вимагають оптимізації для старших вікових груп (G3), приділяючи особливу увагу поліпшенню текстурних характеристик.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 6.1

Abbas, S., Sharif, M. K., Sibt-e-Abbas, M., Fikre Teferra, T., Sultan, M. T., & Anwar, M. J. (2022). Nutritional and therapeutic potential of sesame seeds. *Journal of Food Quality*, 2022(1), 6163753. doi:10.1155/2022/6163753

Ahmad, S., Campos, M. G., Fratini, F., Altaye, S. Z., & Li, J. (2020). New insights into the biological and pharmaceutical properties of royal jelly. *International journal of molecular sciences*, 21(2), 382. doi:10.3390/ijms21020382

Ahmad, Z., Ilyas, M., Ameer, K., Khan, M. A., Waseem, M., Shah, F. U. H., Mehmood, T., Rehman, M. A. & Mohamed Ahmed, I. A. (2022). The influence of fenugreek seed powder addition on the nutritional, antioxidant, and sensorial properties of value-added noodles. *Journal of Food Quality*, 2022, 4940343. doi:10.1155/2022/4940343.

Ajibola A., Chamunorwa J. P., Erlwanger K. H. Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. Nutr. Metab. 2012. Vol. 61. № 9. P. 1–12. Available at: http://www.nutritionandmetabolism.com/content/9/1/61

Al Marzooqi HM, Shehata MG, Afifi HS, Masry SHD, Aslam R, Srikumar S and Maqsood S (2025) Antioxidant and antimicrobial properties of propolis from different geographic regions in UAE and its applications in shelf-life extension of beef burger. *Front. Sustain. Food Syst*. 9:1574880. https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1574880

AlFadhly, N. K., Alhelfi, N., Altemimi, A. B., Verma, D. K., Cacciola, F., & Narayanankutty, A. (2022). Trends and technological advancements in the possible food applications of Spirulina and their health benefits: A Review. *Molecules*, 27(17), 5584. doi:10.3390/molecules27175584

Algethami, J. S., El-Wahed, A. A. A., Elashal, M. H., Ahmed, H. R., Elshafiey, E. H., Omar, E. M., Naggar Y. A., Algethami A. F., Shou O., Alsharif, S. F. Xu B., Shehata A. A., Guo Z, Shaden A. M. Khalifa , Wang K. & El-Seedi, H. R. (2022). Bee pollen: Clinical trials and patent applications. *Nutrients*, 14(14), 2858. doi:10.3390/nu14142858

Ali S. K., Shahidi F., Sedaghat N. (2022). Evaluation of the effect of carboxy methyl cellulose edible coating containing Astragalus honey (Astragalus gossypinus) on the shelf-life of pistachio kernel. Food Control. P. 109094. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109094

Ali, B. A. T. U., & Batu, H. S. (2020). The place of sesame and tahini in Turkish gastronomy. *Aydın Gastronomy*, 4(2), 83–100.

Al-Jaloudi, R., Al-Refaie, D. A., Shahein, M., Hamad, H. J., Al-Dabbas, M. M., Shehadeh, N., AlBtoosh, J., Al-Nawasrah, B. A., Alkhderat, R. & Ababneh, S. K. (2025). Development of Functional Jelly Gums Using Blueberry Concentrate and Honey: Physicochemical and Sensory Analysis. *Processes*, *13*(2), 508. https://doi.org/10.3390/pr13020508

Almeida, L. M. R., da Silva Cruz, L. F., Machado, B. A. S., Nunes, I. L., Costa, J. A. V., de Souza Ferreira, E., Lemos, P. V. F., Druzian, J. I., & de Souza, C. O. (2021). Effect of the addition of *Spirulina* sp. biomass on the development and characterization of functional food. *Algal Research*, 58, 1835-1864. 102387. doi:10.1016/j.algal.2021.102387.

Altay, K. E., Koç, G. Ç., & Dirim, S. N. (2021). The effect of freeze dried fruit powders on some of the physicochemical properties of the layer cake. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(7), 813–819.

Alu'datt, M. H., Rababah, T., Al-ali, S., Tranchant, C. C., Gammoh, S., Alrosan, M., Kubow S., Tan T. C., & Ghatasheh, S. (2024). Current perspectives on fenugreek bioactive compounds and their potential impact on human health: A review of recent insights into functional foods and other high value applications. *Journal of food science*, 89. doi:10.1111/1750-3841.16970

Amores-Arrocha A., Sancho-Galán P., Jiménez-Cantizano A., Palacios V. A comparative study on volatile compounds and sensory profile of white and red wines elaborated using bee pollen versus commercial activators. Foods. 2021. № 10(5). P. 1082.

Amores-Arrocha A., Roldán A., Jiménez-Cantizano A., Caro I., Palacios V. Evaluation of the use of multiflora bee pollen on the volatile compounds and sensorial profile of Palomino fino and Riesling white young wines. Food Research International. 2018. № 105. P. 197–209.

Amores-Arrocha A., Sancho-Galán P., Jiménez-Cantizano A., Palacios V. Bee Pollen Role in Red Winemaking: Volatile Compounds and Sensory Characteristics of Tintilla de Rota Warm Climate Red Wines. Foods. 2020. №9(8). P. 981. DOI: https://doi.org/10.3390/foods9080981

Angelino, D., Godos, J., Ghelfi, F., Tieri, M., Titta, L., Lafranconi, A., Marventano, S., Alonzo, E., Gambera, A., Sciacca, S., et al. (2019). Fruit and vegetable consumption and health outcomes: An umbrella review of observational studies. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 70, 652–667. https://doi.org/10.1080/09637486.2019.1571021.

Anjos O., Fernandes R., Cardoso S. M., Delgado T., Farinha N., Paula V., Estevinho L. M., Carpes S. T. Bee pollen as a natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in black pudding. LWT – Food Science and Technology. 2019. № 111. P. 869–875.

Antoniv A. D., Adamchuk L. O., Lisohurska D. V., Pylypko K. V. (2023). Development of the recipe of wheat bread with the addition of bee pollen from phacelia. *Scientific and production journal "Beekeeping of Ukraine",* 1(9), 7-15. https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.01

Arachchige U. S., Ranaweera S. J., Ampemohotti A. A. L. T., Nayanaka-nthi P. K. T., Edirisinghe D. S. P., Nrgss W. Preparation of Avocado Butter. International journal of scientific & Technology research. 2019. Vol. 8. Issue 10. ISSN 2277-8616. URL: https://www.researchgate.net/profile/Udara-Arachchige/publication /336999974_Preparation_of_Avocado_Butter/links/5dbedee3a6fdcc2128feaf23/Preparation-of-Avocado-Butter.pdf (application date: 01.08.2020).

Araújo, W. M. C., & Arruda, S. F. (2024). Insights into Food Perception and Consumer Behavior. *Foods*, *13*(13), 1964. https://doi.org/10.3390/foods13131964

Arooj, A., Rabail, R., Naeem, M., Goksen, G., Xu, B., & Aadil, R. M. (2023). A comprehensive review on bioactive components of sesame seeds and their impacts on bone health. *Food & Function*, 14, 4966-4980

Arshad, M. S., Khalid, W., Khalid, M. Z., Maqbool, Z., Ali, A., Kousar, S., ... & Ansari, M. J. (2023). Sonication microwave synergistic extraction of bioactive compounds from plants, animals and others agro-industrial waste sources. In *Ultrasound and Microwave for Food Processing* (pp. 345-361). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95991-9.00008-4.

Baenas, N., Nunez–Gomez, V., Navarro–Gonzalez, I., Sanchez–Martinez, L., Garcia–Alonso, J., Periago, M. J., & Gonzalez–Barrio, R. (2020). Raspberry dietary fibre: Chemical properties, functional evaluation and prebiotic in vitro effect. *LWT*, 134, 110140. doi:10.1016/j.lwt.2020.110140

Bajpai, V. K., Kamle, M., Shukla, S., Mahato, D. K., Chandra, P., KyuHwang, S., Kumar, P., Huh, Y. S., Han, Y.-K. (2018). Prospects of using nanotechnology for food preservation, safety, and security. *J. Food Drug Anal.* 26, 1201–1214. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.06.011.

Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaid, D., El Ghouizi, A., Es-Safi, I., Mechchate, H., & Lyoussi, B. (2022). Bee bread as a promising source of bioactive molecules and functional properties: an up-to-date review. *Antibiotics*, 11(2), 203. doi:10.3390/antibiotics11020203

Balances and consumption of the main food products by population of Ukraine (2021). The statistical yearbook. *State Statistics Service of Ukraine.* Retrieved from https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/07/Zb_Bsph_2020.pdf.

Bali, S., Singh, R., & Usman, A. (2023). Pumpkin Halwa Pudding: Not Just Dessert, A Bioactive Powerhouse to Boot as Well. *Curr Res Cmpl Alt Med*, 7(219), 2577–2201. doi: 10.29011/2577-2201.100219

Balkanska, R., & Shumkova, R. (2022). Preliminary study of antioxidant activity of polyfloral and sunflower honey from Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28(4), 764.

Batool, M., Ranjha, M. M. A. N., Roobab, U., Manzoor, M. F., Farooq, U., Nadeem, H. R., Nadeem, M., Kanwal, R., AbdElgawad, H., Al Jaouni, S. K., Selim, S., & Ibrahim, S. A. (2022). Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Therapeutic Benefits of Pumpkin (*Cucurbita* sp.). *Plants*, *11*(11), 1394. https://doi.org/10.3390/plants11111394

Berdahl, D. B., McKeague, J. (2015). Rosemary and sage extracts as antioxidants for food preservation. In *Handbook of Antioxidants for Food Preservation.* Woodhead Publishing: Cambridge, UK. 276, 177–217. https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-089-7.00008-7.

Bilgin A. Osmanlı Sarayında Bal ve¸ Sekerin Tedarik, Tüketim ve Rekabeti. Ballı yazılar. Gastro Dizisi IV; Metro Kültür Yayınları: Istanbul, Turkey, 2010.

Bobis O., Marghitas L.A., Dezmirean D., Morar O., Bonta V., Chirila F. Quality parameters and nutritional value of different commercial bee products. Bulletin of university of agricultural sciences and veterinary medicine Cluj-Napoca. Anim. Sci. Biotechnol. 2010. № 67 (1–2), P. 91–96.

Braga, M. E., Gaspar, M. C., & de Sousa, H. C. (2023). Supercritical fluid technology for agrifood materials processing. *Current Opinion in Food Science,* 50, 100983. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100983.

Brochard M., Correia P., Barroca M. J., Guiné R. P. Development of a new pasta product by the incorporation of chestnut flour and bee pollen. Applied Sciences. 2021. № 11(14). P. 6617.

Brown L, Caligiuri SPB, Brown D, Pierce GN. (2018). Clinical trials using functional foods provide unique challenges. *J. Funct. Foods* 45:233–38. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.024

Byshovets, L. H., & Oliferchuk, O. H. (2020). Innovative directions of application of pectin-containing raw materials in health nutrition. Cherkasy: ChDTU (pp. 128-132). Cherkasy: ChDTU. Retrieved from https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/1537/1/-Monografiya%202019.pdf#page=128.

Cappellini, F., Marinelli, A., Toccaceli, M., Tonelli, C., & Petroni, K. (2021). Anthocyanins: from mechanisms of regulation in plants to health benefits in foods. *Frontiers in Plant Science*, 12, 748049. doi:10.3389/fpls.2021.748049

Carballo-Casla, A., Sotos-Prieto, M., García-Esquinas, E., Struijk, E. A., Caballero, F. F., Calderón-Larrañaga, A., ... & Ortolá, R. (2024). Animal and vegetable protein intake and malnutrition in older adults: A multicohort study. *The Journal of nutrition, health and aging*, 28(1), 100002. https://doi.org/10.1016/j.jnha.2023.100002.

Carlson R. D. *The Honey Bee and Apian Imagery in Classical Literature.* Chapter 1. Ph.D. Thesis, University of Washington, Seattle, WA, USA. 2015. P. 19.

Carlson G., Coop C. Pollen food allergy syndrome (PFAS): a review of current available literature. Annals of Allergy, Asthma & Immunology. 2019. № 123(4). P. 359–365. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anai.2019.07.022.

Ceclu, L., Mocanu, D. G., & Nistor, O. V. (2020). Pumpkin-health benefits. *Journal of agroalimentary processes and technologies*, 26(3), 241-246.

Chechitko, V., & Adamchuk, L. (2024). Evaluation of raw materials for the development of honey healthy dessert recipes. *Human and nations health*, (1), 64–76. https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.64

Chuensun, T., & Intipunya, P. (2025). Optimization of Gelatin Gummy Properties Influenced by Black Garlic Vinegar and Honey Using D-Optimal Mixture Design. Natural and Life Sciences Communications, 24(1), e2025005. https://doi.org/10.12982/NLSC.2025.005

Cielecka-Piontek, J., Dziedziński, M., Szczepaniak, O., Kobus–Cisowska, J., Telichowska, A., & Szymanowska, D. (2020). Survival of commercial probiotic strains and their effect on dark chocolate synbiotic snack with raspberry content during the storage and after simulated digestion. *Electronic Journal of Biotechnology*, 48, 62–71. Doi:10.1016/j.ejbt.2020.09.005.

Ciesarová, Z., Murkovic, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, Ľ., Panovská, Z., Revenco D., & Burčová, Z. (2020). Why is sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) so exceptional? A review. *Food Research International*, 133, doi:10.1016/j.foodres.2020.109170.

Cinar, A., Altuntas, S., & Altuntas, V. (2021). The addition of royal jelly to dairy probiotic dessert produced with predictive microbiology: Influence on physicochemical, rheological, microbial and sensorial properties. *LWT*, 146, doi:10.1016/j.lwt.2021.111444.

Collazo, N., Carpena, M., Nuñez–Estevez, B., Otero, P., Simal–Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Health promoting properties of bee royal jelly: *Food of the queens. Nutrients*, 13(2), 543. doi:10.3390/nu13020543

Conte P., Del Caro A., Urgeghe P. P., Petretto G. L., Montanari L., Piga A., Fadda C. Nutritional and aroma improvement of gluten-free bread: is bee pollen effective? LWT – Food Science and Technology. 2020. № 118. P. 108711.

da Silva, H. P. M., Selani, M. M., Saldaña, E., Miyasaki, E. K., Melo, P. S., Patinho, I., & Domingues, M. A. F. (2024). Bee pollen as a functional ingredient in bread: an exploratory study based on attitudes and expectations of Brazilian consumers. *Scientia Agropecuaria*, 15(1), 55–63. doi:10.17268/sci.agropecu.2024.005.

Dalby A., Grainger, S. The Classical Cookbook. Getty Publications: Los Angeles, CA, USA. 1996.

de Florio Almeida, J., dos Reis, A. S., Heldt, L. F. S., Pereira, D., Bianchin, M., de Moura, C., ... & Carpes, S. T. (2017). Lyophilized bee pollen extract: A natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages. *LWT-Food Science and Technology*, *76*, 299–305.

Derrick, S. A., Kristo, A. S., Reaves, S. K., & Sikalidis, A. K. (2021). Effects of dietary red raspberry consumption on pre-diabetes and type 2 diabetes mellitus parameters. International *Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9364. doi:10.3390/ijerph18179364

Dikhtiar, O., Adamchuk, L., Antoniv, A. (2023). Research of biological value and nutrient composition of honey dessert. *Scientific Works of NUFT.* Vol. 29. Iss. 2. P. 172–180. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2023-29-2-16.

Dimitreli G., Petridis D., Kapageridis N., Mixiou M. Effect of pomegranate juice and fir honey addition on the rheological and sensory properties of kefir-type products differing in their fat content. *LWT.* 2019. 111. 799–808. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.071.

Dong, K., Binosha Fernando, W. M., Durham, R., Stockmann, R., & Jayasena, V. (2023). Nutritional value, health-promoting benefits and food application of sea buckthorn. *Food Reviews International*, 39(4), 2122–2137. doi: 10.1080/87559129.2021.1943429.

Dragomir, N., Stan, A., Ion, V. A., Nicolae, C. G., Bujor-Neniță, O. C., Bordei, I. Ș., Frîncu, M., Petre, A., Dobrin, A., & Bădulescu, L. (2021). Product development of organic macarons enriched with freeze dried apple powder. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 64(2).

Dundar A. N. Total phenolic and antioxidant bioaccessibilities of cookies enriched with bee pollen. Journal of Food Processing and Preservation. 2021. e16085. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.16085.

Dyskina, A. A, Bohachenko, Ya. V. (2016). Directions of stimulation of innovative development of food industry enterprises in Ukraine. *Global and National Problems of Economic*s, 10. 2016, 582–585. Retrieved from http://global-national.in.ua/archive/10-2016/121.pdf.

El Ghouizi, A., Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaid, D., El Menyiy, N., Hano, C., & Lyoussi, B. (2023). Bee Pollen as Functional Food: Insights into Its Composition and Therapeutic Properties. *Antioxidants*, 12(3), 557. doi:10.3390/antiox12030557

Emin Duru, M., Eroğlu, B., Tel-Çayan, G., Taş-Küçükaydın, M., Küçükaydın, S., Çayan, F., & Ceylan, Ö. (2023). HPLC-DAD Analysis and Versatile Bioactivities of Turkish Sunflower Honeys Using Chemometric Approaches. *Chemistry & Biodiversity*, 20(6), doi:10.1002/cbdv.202300486.

Ertosun, S., Falcão, S. I., Aylanc, V., Tomás, A., Russo-Almeida, P., Rodrigues, P., & Vilas-Boas, M. (2024). The impact of bee product incorporation on the processing properties, nutritional value, sensory acceptance, and microbial stability of bread. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18, 451–463. https://doi.org/10.1007/s11694-023-02172-4

Faisal, Z., Irfan, R., Akram, N., Manzoor, H. M. I., Aabdi, M. A., Anwar, M. J., Khawar S., Saif A., Shah Y. A., Afzaal M. & Desta, D. T. (2024). The multifaceted potential of fenugreek seeds: From health benefits to food and nanotechnology applications. *Food Science & Nutrition*. doi:10.1002/fsn3.3959

Floret, C., Monnet, A. F., Micard, V., Walrand, S., & Michon, C. (2023). Replacement of animal proteins in food: How to take advantage of nutritional and gelling properties of alternative protein sources. *Critical reviews in food science and nutrition,* 63(7), 920–946. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1956426.

Floris I., Fontana P. Honeybees and beekeeping in ancient Rome. Italian Apiculture: A Journey through History and Honey Diversity. [Floris I., ed.] Accademia Nazionale Italiana di Entomologia: Firenze, Italy. 2020. Part I. P. 48–71. ISBN 9788896493212

Floris I., Pusceddu M., Satta A. Sardinian beekeeping. In Italian Apiculture. A Journey through History and Honey Diversity. [Floris I., ed.]. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia: Firenze, Italy. 2020. Part I. P. 244–266. ISBN 9788896493212

Fontana C., Fontana P. The first evidence. In Italian Apiculture. A Journey through History and Honey Diversity. [Floris I., ed.]. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia: Firenze, Italy, 2020. Part I. P. 36–47. ISBN 9788896493212

Galanakis, C. M. (2021). Functionality of Food Components and Emerging Technologies. *Foods.* 10(1):128. https://doi.org/10.3390/foods10010128.

Gallego, M., Mora, L., Toldrá, F. (2018). Health relevance of antihypertensive peptides in foods. *Curr. Nutr. Food. Sci.* 19:8–14. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.12.004

Gâtlan, A. M., & Gutt, G. (2021). Sea buckthorn in plant based diets. An analytical approach of sea buckthorn fruits composition: Nutritional value, applications, and health benefits. *International journal of environmental research and public health*, 18(17), 8986. doi:10.3390/ijerph18178986

Gavril, R. N., Stoica, F., Lipșa, F. D., Constantin, O. E., Stănciuc, N., Aprodu, I., & Râpeanu, G. (2024). Pumpkin and Pumpkin By-Products: A Comprehensive Overview of Phytochemicals, Extraction, Health Benefits, and Food Applications. *Foods*, *13*(17), 2694. https://doi.org/10.3390/foods13172694

George, E. M., Gannabathula, S., Kantono, K., & Hamid, N. (2024). Polyphenolic Content and Sensory Characteristics of New Zealand Honey Ice Cream. Applied Sciences, 14(20), 9260. https://doi.org/10.3390/app14209260

Geurden, B., Van den Wijngaert, L., Boeren, P., Goossens, E., Adriaenssens, J., & Vandecandelaere, P. (2025). Effects of selective taste steering of bread and soups on quality of life in adult cancer outpatients who experience chemotherapy-induced taste alterations. *European Journal of Oncology Nursing*, *74*, 102775. https://doi.org/10.1016/j.ejon.2024.102775

Gogna, S., Kaur, J., Sharma, K., Prasad, R., Singh, J., Bhadariya, V. Prashant K & Jarial, S. (2023). Spirulina-an edible cyanobacterium with potential therapeutic health benefits and toxicological consequences. *Journal of the American Nutrition Association*, 42(6), 559-572. doi:10.1080/27697061.2022.2103852

Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual review of food science and technology,* 11, 93–118. https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708.

Grosshagauer, S., Kraemer, K., & Somoza, V. (2020). The true value of Spirulina. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(14), 4109-4115. doi:10.1021/acs.jafc.9b08251

Gupta, R. C., Doss, R. B., Garg, R. C., Srivastava, A., Lall, R., & Sinha, A. (2021). Fenugreek: Multiple health benefits. In Nutraceuticals (pp. 585-602). *Academic Press*. doi:10.1016/B978-0-12-821038-3.00037-9

Habryka C., Socha R., Juszczak L. The effect of enriching honey with propolis on the antioxidant activity, sensory characteristics, and quality parameters. Molecules. 2020. № 25(5). P. 1176. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules25051176.

Hakim D. A., Tjahjaningsih W. Antibacterial activity of honey in preserving high-pressure cooked milkfish stored at room temperature. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 236. No. 1. P. 012079. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012079.

Hassan, A. A. M., Elenany, Y. E., Nassralah, A., Cheng, W., & Abd El–Maksoud, A. A. (2022). Royal jelly improves the physicochemical properties and biological activities of fermented milk with enhanced probiotic viability. *Lwt*, 155, 112912. doi:10.1016/j.lwt.2021.112912.

Hassoun, A., Alhaj Abdullah, N., Aït-Kaddour, A., Ghellam, M., Beşir, A., Zannou, O., ... & Regenstein, J. M. (2024). Food traceability 4.0 as part of the fourth industrial revolution: key enabling

technologies. *Critical Reviews Inc Food Science and Nutrition*, 64(3), 873–889. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2110033.

Hassoun, A., Bekhit, A. E. D., Jambrak, A. R., Regenstein, J. M., Chemat, F., Morton, J. D., ... & Ueland, Ø. (20242). The fourth industrial revolution in the food industry – part II: Emerging food trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 64(2), 407–437. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2106472.

Heldt L. F. S., Pereira D., Souza B. R., Almeida-Muradian L. B., Carpes, S. T. Fortification of beef burger with the addition of bee pollen from Apis mellifera L. Emirates Journal of Food and Agriculture. 2019. Vol. 31. Is. 1. P. 895–901.

Huang, H. W., Hsu, C. P., Yang, B. B., Wang, C.Y. (2013). Advances in the extraction of natural ingredients by high pressure extraction technology. *Trends Food Sci. Technol.* 33, 54–62. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.07.001.

Irigoiti, Y., Navarro, A., Yamul, D., Libonatti, C., Tabera, A., & Basualdo, M. (2021). The use of propolis as a functional food ingredient: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 297-306. doi:10.1016/j.tifs.2021.06.041

Jafari, A., Parsi Nezhad, B., Rasaei, N. et al. Clinical evidence of sesame (Sesamum indicum L.) products and its bioactive compounds on anthropometric measures, blood pressure, glycemic control, inflammatory biomarkers, lipid profile, and oxidative stress parameters in humans: a GRADE-assessed systematic review and dose-response meta-analysis. *Nutr Metab (Lond)* 22, 22 (2025). https://doi.org/10.1186/s12986-025-00910-7

Kabakci, D. (2023). Comparison of some biological activities of propolis and bee bread samples obtained from Apis mellifera Anatoliaca and its Muğla and Efe ecotypes. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 74(4), 6449–6460. doi:10.12681/jhvms.30859

Kamboj, R., Sandhu, R. S., Kaler, R. S. S., Bera, M. B., & Nanda, V. (2019). Optimization of process parameters on hydroxymethylfurfural content, diastase and invertase activity of coriander honey. *Journal of food science and technology*, 56, 3205–3214.

Karli, A. A., & Banu, K. O. Ç. (2023). The Use of Pumpkin and Melon Seeds Milk in The Field of Gastronomy. *Food Health and Technology Innovations*, 6(12), 475–482.

Kaur R., Ahluwalia P., Sachdev P. A., Kaur A. Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. *Journal of food science and technology*. 2018. Vol. 55 (9). P. 3584–3591. doi:10.1007/s13197-018-3284-x

Kaur, S., Panghal, A., Garg, M. K., Mann, S., Khatkar, S. K., Sharma, P., & Chhikara, N. (2020). Functional and nutraceutical properties of pumpkin–a review. *Nutrition & Food Science*, 50(2), 384–401.

Kessler, J. C., Vieira, V., Martins, I. M., Manrique, Y. A., Ferreira, P., Calhelha, R. C., Afonso, A., Barros, L., Rodrigues, A. E., Dias, M. M. (2022). Chemical and organoleptic properties of bread enriched with *Rosmarinus officinalis* L.: The potential of natural extracts obtained through green extraction methodologies as food ingredients. Food Chemistry, 384, 132514. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132514

Khan, S., Monteiro, J. K., Prasad, A., Filipe, C. D., Li, Y., & Didar, T. F. (2024). Material Breakthroughs in Smart Food Monitoring: *Intelligent Packaging and On-Site Testing Technologies for Spoilage and Contamination Detection. Advanced Materials*, 36(1), 2300875. https://doi.org/10.1002/adma.202300875.

Kılıçbay M.A. ˙Insanlı˘gın ˙Ilk ˙Içkisi: Hidromel. Ballı yazılar. Gastro Dizisi IV. Metro Kültür Yayınları: Istanbul, Turkey. 2010.

Kostić A. Ž., Milinčić D. D., Stanisavljević N. S., Gašić U. M., Lević S., Kojić M. O., Pešić M. B. (2021). Polyphenol bioaccessibility and antioxidant properties of in vitro digested spray-dried thermally-treated skimmed goat milk enriched with pollen. *Food Chemistry.* 351. 129310.

Koutsos, A., Riccadonna, S., Ulaszewska, M. M., Franceschi, P., Trošt, K., Galvin, A., Braune T., Fava F., Perenzoni D., Mattivi F., Tuohy K. M.,& Lovegrove, J. A. (2020). Two apples a day lower serum cholesterol and improve cardiometabolic biomarkers in mildly hypercholesterolemic

adults: A randomized, controlled, crossover trial. *The American journal of clinical nutrition*, 111(2), 307-318. doi:10.1093/ajcn/nqz282

Kovalenko, O. V., Kotkova, N. S. (2020). Innovation and investment support of technical modernization as the basis for increasing the competitiveness of the food industry. *Food Resources*. 2020, No 14 P.230-240. https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-24.

Kraievska, S. P, Stetsenko, N. O. (2013). Analysis of the chemical composition of pumpkin, sesame and flax seeds as promising sources for biologically active food additives. *IX International Conference "Quality Strategy in Industry and Education"* Varna, Bulgaria. May 31 - July 7, 2013. Varna, 2013. 95–97. Retrieved from https://dspace.nuft.edu.ua/server/-api/core/bitstreams/023b6fc7-ed2d-4e64-99fc-4953d9bb03c2/content.

Kurzer, A., Spencer, M., Cienfuegos, C., & Guinard, J. X. (2020). The Dessert Flip: Consumer preference for desserts with a high proportion of fruit and nuts. *Journal of food science*, 85(11), 3954–3968. doi:10.1111/1750-3841.15462.

Lafarga, T., Fernández–Sevilla, J. M., González–López, C., & Acién–Fernández, F. G. (2020). Spirulina for the food and functional food industries. *Food Research International*, 137, 109356. doi:10.1016/j.foodres.2020.109356

Leichtweis, M. G., Molina, A. K., Pires, T. C., Dias, M. I., Calhelha, R., Bachari, K., Ziani, B. E., Oliveira, B. P., Pereira, C., & Barros, L. (2022). Biological activity of pumpkin byproducts: Antimicrobial and antioxidant properties. *Molecules*, 27(23), 8366. doi:10.3390/molecules27238366.

Li, M., Luo, J., Nawaz, M. A., Stockmann, R., Buckow, R., Barrow, C., ... & Rasul Suleria, H. A. (2024). Phytochemistry, bioaccessibility, and bioactivities of sesame seeds: An overview. *Food Reviews International*, 40(1), 309–335. doi:10.1080/87559129.2023.2168280.

Li, Q., Zhang, W., Zhou, E., Tao, Y., Wang, M., Qi, S., Zhao, L., Tan, Y., & Wu, L. (2023). Integrated microbiomic and metabolomic analyses reveal the mechanisms by which bee pollen and royal jelly lipid extracts ameliorate colitis in mice. *Food Research International*, 171, 113069. doi:10.1016/j.foodres.2023.113069.

Liaudanskas, M., Kubilienė, L., Žvikas, V., & Trumbeckaitė, S. (2021). Comparison of Ethanolic and aqueous–polyethylenglycolic propolis extracts: Chemical composition and antioxidant properties. *Evidence–Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 1–7. doi:.org/10.1155/2021/5557667.

Liu, B., Yang, H., Zhu, C., Xiao, J., Cao, H., Simal-Gandara, J., ... & Deng, J. (2024). A comprehensive review of food gels: Formation mechanisms, functions, applications, and challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 64(3), 760–782. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2108369.

Lopez-Corona, A. V., Valencia-Espinosa, I., González-Sánchez, F. A., Sánchez-López, A. L., Garcia-Amezquita, L. E., & Garcia-Varela, R. (2022). Antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of phenolic compound family extracted from raspberries (Rubus idaeus): A general review. *Antioxidants*, 11(6), 1192. doi:10.3390/antiox11061192

Luque-Bracho, A., Rosales, Y., & Vergara-Buenaventura, A. (2023). The benefits of propolis in periodontal therapy. A scoping review of preclinical and clinical studies. *Journal of Ethnopharmacology*, 303, 115926. doi:10.1016/j.jep.2022.115926

Margaoan R., Strant M., Varadi A., Topal E., Yücel B. Cornea-Cipcigan M., Campos M.G.; Vodnar, D.C. (2019). Bee Collected Pollen and Bee Bread: Bioactive Constituents and Health Benefits. *Antioxidants.* 8. 568.

Margaoan R., Cornea-Cipcigan M., Topal E., Köso˘ glu M. Impact of fermentation processes on the bioactive profile and health-promoting properties of bee bread, mead and honey vinegar. Processes. MDPI AG. 2020. P. e1081. DOI: https://doi.org/10.3390/pr8091081

Marino, M., Gardana, C., Rendine, M., Klimis-Zacas, D., Riso, P., Porrini, M., & Del Bo', C. (2024). Nutritional and Phytochemical Characterization of Freeze-Dried Raspberry (Rubus idaeus): A Comprehensive Analysis. *Foods*, 13(7), 1051. https://doi.org/10.3390/foods13071051

Maroof, K., Jin, Y. Y., Ching, and, S. L., & Hua Gan, S. (2023). Medicinal benefits of propolis. *Honey: Composition and health benefits*, 278-301. doi:10.1002/9781119113324.ch21

Márquez–Cardozo, C. J., Cabalero–Gutiérrez, B. L., Ciro–Velázquez, H. J., & Restrepo–Molina, D. A. (2021). Effect of pretreatment and temperature on the drying kinetics and physicochemical and techno–functional characteristics of pumpkin (Cucurbita maxima). *Heliyon*, 7(4), 1-7.

Martins, M. L., de França Leite, K. L., Cavalcanti, Y. W., Maia, L. C., & Fonseca-Gonçalves, A. (2020). Propolis Benefits in Oral Health. *Natural Oral Care in Dental Therapy*, 211-228. Doi:10.1002/9781119618973.ch14

Medeiros, S. R. A., Oliveira, V. A. D., Oliveira, A. M. C. D., Araujo, M. L. H., Feitosa, J. P. D. A., Paula, R. C. M. D., Sousa, F. D. D., Moreira, A. C. D. O. M., Beserra, F. J., & Moreira, R. D. A. (2020). Caesalpinia pulcherrima seed galactomannan on rheological properties of dairy desserts. *Ciência Rural*, 50. doi:10.1590/0103-8478cr20190176.

Melnychuk Y., Karabin B. To Pour Full Glasses. AWord in Defense of Bacchus. Vydavnyche Pidpryiemstvo «Krai»: Lviv, Ukraine. 1992.

Mironescu M., Fratila L., Hupert A., Mironescu I. D. Obtaining and characterisation of starch-based edible films incorporating honey, propolis and bee bread. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology. 2019. № 23(2). P. 193–198.

Mohammed, S., & Pattan, N. (2022). An overview on nutritional composition and therapeutic benefits of sesame seeds (Sesamum indicum). *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol,* 10, 1119-1127. Doi:10.22214/ijraset.2022.40002

Mohan A., Hadi J., Gutierrez-Maddox N., Li Y., Leung I. K., Gao, Y., Quek S. Y. Sensory, microbiological and physicochemical characterisation of functional manuka honey yogurts containing probiotic Lactobacillus reuteri DPC16. Foods. 2020. № 9(1). 106 p.

Mokhonko, H., Klymenko, K. The State of Development of the Innovative Potential of Food Industry Enterprises in Ukraine, Business, Innovations, Management: Problems and Prospects. Retrieved from http://confmanagement.kpi.ua/proc/article/view/201235

Molodid, T. (2021). Improvement of the method of production of a grain bar of health direction. Retrieved from https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/719be40a-97bc-4700-847c-1e4318341bbf/content.

Mora-Adames W. I., Fuenmayor C. A., Benavides-Martín M. A., Algecira-Enciso N. A., Quicazán M. C. Bee pollen as a novel substrate in pilot-scale probiotic-mediated lactic fermentation processes. LWT. 2021. № 141. P. 110868.

Mostashari, P., & Mousavi Khaneghah, A. (2024). Sesame Seeds: A Nutrient-Rich Superfood. *Foods*, 13(8), 1153. doi:10.3390/foods13081153

Nahya, N. (2024). The Bee Bread as Super Food: *An up-to-date Review in terms of Chronic Diseases. Advances in Chronic Diseases*, 1(1), 37-43. doi:10.5281/zenodo.10903147

Nikpour, S., & Mosavian, M. T. H. (2025). Formulation of functional probiotic dairy dessert with date honey as a sucrose replacement: Chemical, physical, and sensory analysis. *Heliyon*, *11*(1). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41504

Nistor, O., Pohrib, E., Mocanu, G., Constantin, O., & Ceclu, L. (2020). An overview on the earliest representative of today vegan and vegetarian ice cream. *J. Agroaliment. Process. Technol*, 26(4), 281–286.

Novaković S., Djekic I., Pešić M., Kostić A., Milinčić D., Stanisavljević N., Tomasevic I. Bee pollen powder as a functional ingredient in frankfurters. Meat Science. 2021. № 182. P. 108621. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108621

Oboulbiga EB, Douamba Z, Compaoré-Sérémé D, Semporé JN, Dabo R, Semde Z, Tapsoba FW-B, Hama-Ba F, Songré-Ouattara LT, Parkouda C and Dicko MH (2023) Physicochemical, potential nutritional, antioxidant and health properties of sesame seed oil: a review. *Front. Nutr*. 10:1127926. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1127926

Oršolić, N., & Jazvinšćak Jembrek, M. (2024). Royal Jelly: Biological Action and Health Benefits. International *Journal of Molecular Sciences*, 25(11), 6023. doi:10.3390/ijms25116023

Papadimitriou, T., Kormas, K., & Vardaka, E. (2021). Cyanotoxin contamination in commercial Spirulina food supplements. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 16(3), 227–235.

Parashar, S., Singh, S., & Sood, G. (2023). Examining the role of health consciousness, environmental awareness and intention on purchase of organic food: A moderated model of attitude. *Journal of Cleaner Production*, 386, 135553. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135553.

Patel, K., Soni, A., Tripathi, R. (2023). Pumpkin seed: Nutritional composition, health benefits. *International Journal of Home Science*, 9(3): 93–98. https://www.homesciencejournal.com/archives/2023/vol9issue3/PartB/9-3-9-862.pdf

Patroni, R., Marleni, W. A., & Febryanti, A. (2024). Kalabu (Kalamansi and Purple Sweet Potato) Snack Bar Innovation as an Alternative Snack for Diabetes. Jurnal Ilmiah Pengabdian Masyarakat Bidang Kesehatan (Abdigermas), 2(1), 138–145. https://doi.org/10.58723/abdigermas.v2i1.102.

Pecyna, A., Krzywicka, M., Blicharz-Kania, A., Buczaj, A., Kobus, Z., Zdybel, B., Domin, M., & Siłuch, D. (2024). Impact of Incorporating Two Types of Dried Raspberry Pomace into Gluten-Free Bread on Its Nutritional and Antioxidant Characteristics. *Applied Sciences*, 14(4), 1561. https://doi.org/10.3390/app14041561

Pepito, B. M. L., & Ross, C. F. (2024). Identifying desirable attributes in dairy-rich breakfast and desserts for older adults. *Journal of Food Science*, *89*(8), 5065–5081. https://doi.org/10.1111/1750-3841.17127

Petridis, A., Petridis, D., & Dimitreli, G. (2020). A novel dairy fermented frozen dessert with honey and pomegranate juice: physicochemical, rheological and sensory properties. *Journal of Food Research,* 9(6), 52-66. doi:10.5539/jfr.v9n6p52.

Piña-Contreras, N., Martínez-Moreno, A. G., Ramírez-Anaya, J. D. P., Espinoza-Gallardo, A. C., & Valdés, E. H. M. (2022). Raspberry (Rubus idaeus L.), a promising alternative in the treatment of hyperglycemia and dyslipidemias. *Journal of Medicinal Food*, 25(2), 121-129. doi:10.1089/jmf.2021.004

Pintado C. M., Veloso A., Maria Z., Silveira A., Beato H., de Andrade L. P., Delgado F. New flavour bars with cherry, almond and honey. Emirates Journal of Food and Agriculture. 2020. P. 857–863. DOI: https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i12.2220

Poeta, E., Liboà, A., Mistrali, S., Núñez-Carmona, E., & Sberveglieri, V. (2023). Nanotechnology and E-Sensing for Food Chain Quality and Safety. *Sensors,* 23(20), 8429. https://doi.org/10.3390/s23208429.

Pokajewicz, K., Lamaka, D., Hudz, N., Adamchuk, L., & Wieczorek, P. P. (2024). Volatile profile of bee bread. *Scientific Reports*, 14(1), 6870.

Pyrig, I. Y., & Dmytryshyn, Y. P. (2023). Cream-honey is a tasty and healthy trend: materials of the VII International Scientific and Technical Conference (September 28–29, 2023, Ternopil). 116–117.

Rahim N. A., Sarbon N. M. Acacia honey lime ice cream: physicochemical and sensory characterization as effected by different hydrocolloids. International Food Research Journal. № 26(3). P. 883–891.

Rakhymzhanova, A. (2020). Receiving desserts without sugar on the basis of vegetable raw materials. *Black Sea Science,15, 108-113.*

Reitenbach, A. F., Lorenzi, A. S., Ghesti, G. F., Santos, P. C. M. d., Rodrigues, I. M. T., Barbosa, A. C., Sant'Ana, R. R. A., Fritzen-Freire, C. B., Nowruzi, B., & Burin, V. M. (2025). Advances in Mead Aroma Research: A Comprehensive Bibliometric Review and Insights into Key Factors and Trends. *Fermentation*, *11*(4), 226. https://doi.org/10.3390/fermentation11040226

Resolution of June 8, 2011 No. 189. Concept of the state science and technology program. Biofortification and functional products based on plant raw materials for 2012–2016. *Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Kyiv, 2011. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0189550-11#Text.

Reuta, N. O., & Kryviy, V. V. (2021) Honey soufflé as a modern trend of production and processing of beekeeping products. Modern science: the state and prospects for the development of livestock breeding in Ukraine in the conditions of European integration, materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference (September 23, 2021, Kherson). 316–318.

Rios, F., Rocha, C., Torres, D., Gonçalves, M., Lobo, M., & Samman, N. (2024). Development of a gelled honey product with a mixture of polysaccharides. JAFSB, 2(2), 120–129. https://doi.org/10.58985/jafsb.2024.v02i02.42

Rivera-Yañez, N., Rivera-Yañez, C. R., Pozo-Molina, G., Méndez-Catalá, C. F., Méndez-Cruz, A. R., & Nieto-Yañez, O. (2020). Biomedical properties of propolis on diverse chronic diseases and its potential applications and health benefits. *Nutrients*, 13(1), 78. doi:10.3390/nu13010078

Rivero R. C., Archaina D. A., Busquet C. M., Coronel B. M. B., Busch V. M. Development of a honey-based powder ingredient using a mixture design: Botanical origin effect and hydration properties. LWT. 2021. № 147. P. 111446. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111446

Şahin, B. (2021). Can sunflower honey have a protective effect against Alzheimer's disease?. *Journal of Ongoing Chemical Research*, 6(1), 6–9.

Sahlan M., Ridhowati A., Hermansyah H., Wijanarko A., Rahmawati O., Pratami D. K. Formulation of hard candy containes pure honey as functional food. In AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC. 2019. Vol. 2092. No. 1. P. 040010. DOI: https://doi.org/10.1063/1.5096743.

Salazar-González C. Y., Rodríguez-Pulido F. J., Terrab A., Díaz-Moreno C., Fuenmayor C. A., Heredia F. J. Analysis of multifloral bee pollen pellets by advanced digital imaging applied to functional food ingredients. Plant Foods for Human Nutrition. 2018. № 73(4). P. 328–335. DOI: https://doi.org/10.1007/s11130-018-0695-9.

Salleh, S. N. A. S., Hanapiah, N. A. M., Johari, W. L. W., Ahmad, H., & Osman, N. H. (2021). Analysis of bioactive compounds and chemical composition of Malaysian stingless bee propolis water extracts. *Saudi journal of biological sciences*, 28(12), 6705-6710. doi:10.1016/j.sjbs.2021.07.049

Samborska K., Wiktor A., Jedlińska A., Matwijczuk A., Jamróz W., Skwarczyńska-Maj K., Witrowa-Rajchert D. Development and characterization of physical properties of honey-rich powder. Food and bioproducts processing. 2019. № 115. P. 78-86. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.004.

Saraswathi, K., & Kavitha, C. N. (2023). Spirulina: Pharmacological Activities and Health Benefits. *Journal of Young Pharmacists*, 15(3), 441-447. doi:10.1016/j.foodchem.2024.139561

Sarkar S., Chandra S. Honey as a functional additive in yoghurt – a review. Nutrition & Food Science. 2020. Vol. 50. No. 1. P. 168–178. DOI: https://doi.org/10.1108/NFS-03-2019-0090.

Sawant, S., & Gaikwad, T. (2025). Formulation and Evaluation of Ginger Herbal Cough Syrup. *Int. J. Sci. R. Tech*, *2*(4).

Schouten P. J., Soto-Aguilar D., Aldalbahi A., Ahamad T., Alzahly S., Fogliano V. Design of sporopollenin-based functional ingredients for gastrointestinal tract targeted delivery.

Šedík P., Pocol C. B., Horská E. Fiore M. Honey: food or medicine. A comparative study between Slovakia and Romania. British Food Journal. 2019. Vol. 121. No. 6. P. 1281–1297. DOI: https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2018-0813.

Sekhavatizadeh, S. S., Derakhshan, M., Ganje, M., & Hosseinzadeh, S. (2024). Aloe vera jelly dessert supplemented with Lactobacillus curvatus encapsulated in Plantago major mucilage and sodium alginate: Characterization of physicochemical, sensory properties and survivability against low pH, salt, heat, and cold storage. *Food Science & Nutrition*. https://doi.org/10.1002/fsn3.4003.

Sheikh, F., Hasani, M., Kiani, H., Asadollahzadeh, M. J., & Sabbagh, F. (2023). Enhancing rheological and textural properties of gelatin–based composite gels through incorporation of sesame seed oleosome–protein fillers. *Gels*, 9(10), 774. doi:10.3390/gels9100774.

Shrivastava A, Kulshreshtha S, Kumar A, Saini A. 2024. Development of Spirulina Rich Chocolate and its Optimization Using Response Surface Methodology. *J Food Chem Nanotechnol* 10(S1): S65-S7. https://doi.org/10.17756/jfcn.2024-s1-009

Simakhina, H. O. (2018). Trends in the development of the food industry – technologies of products for healthy eating. Key Issues of Education and Sciences: Prospects for Ukraine and Poland: international Multidisciplinary Conference, 20-21 July, 2018, Stalowa Wola. Poland. Vol. 3. pp. 96–100. Retrieved from https://dspace.nuft.edu.ua/items/0511a3fd-b707-491f-9d3b-586f86525124.

Simakhina, H. O. (2019). The relationship between nutrition and population health. *Progress in Science and Education: Proceedings of the International Conference*, September 26–27. New York, 2019. p.106–117.

Singh, S., Virmani, T., & Kohli, K. (2020). Phytochemicals and medicinal uses of red raspberry: a review. *Journal of Pharmaceutical Research*, 5(2), 48.

Singh, U., Chamoli, M., Singh, K. P., Ram, L., Jangir, S., & Maheshwari, R. K. (2022). Amazing health benefit of fenugreek (Trigonella foenum-graecum LINN.). *International Journal of Environment and Health Sciences*, 4, 19-27. doi:10.47062/1190.0304.03

Smuga-Kogut M., Pabiszczak A., Dymkowska-Malesa M., Szymano-wska D., Kobus-Cisowska J., Cielecka-Piontek J. Preparation of Beebread Caviar from Buckwheat Honey through Immobilization with Sodium Alginate. Molecules. 2020. № 25(19). P. 4483. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules25194483.

Solomon, A. M., Kazmiruk, N. M., Tuzova, S. D. (2020). Microbiology of food production. Vinnytsia: RVV VNAU. 312. Retrieved from http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/25443.pdf.

Srivastava, A., Singh, Z., Verma, V., & Choedon, T. (2022). Potential health benefits of fenugreek with multiple pharmacological properties. In Research Anthology on Recent Advancements in Ethnopharmacology and Nutraceuticals (pp. 672-687). *IGI Global*. doi:10.4018/978-1-6684-3546-5.ch034

Stan L. Bee pollen as antioxidant ingredient in ready-to-serve citrus juice. Scientific Papers: Series D. Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science. 2018. № 61. P. 312–317.

State Enterprise Center of Public Health of the Ministry of Health of Ukraine (2024). Retrieved from https://www.phc.org.ua/en/node/2627.

State statistics service of Ukraine (2024). Statistical Information. Retrieved from https://www.ukrstat.gov.ua.

Suhag Y., Nayik G. A., Karabagias I. K., Nanda V. Development and Characterization of a Nutritionally Rich Spray-Dried Honey Powder. Foods. 2021. № 10(1). P. 162. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10010162.

Suvanova, F., Qobilova, N., & Tuxtamishova, G. (2023). Improvement of solvent recovery technology in oil extraction production. *Science and innovation,* 2(A1), 209-212. https://doi.org/10.5281/zenodo.7566188.

Sychevskyi, M. P. (2019). *Food industry as the basis of food security and development of the state.* Kyiv: Agrar. Nauka. 388 p.

Syed Salleh, S. N. A., Mohd Hanapiah, N. A., Ahmad, H., Wan Johari, W. L., Osman, N. H., & Mamat, M. R. (2021). Determination of Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity and GC-MS analysis of Malaysian stingless bee propolis water extracts. *Scientifica,* 2021(1), 3789351. Doi:10.1155/2021/3789351

Szydłowska, A., Zielińska, D., & Kołożyn–Krajewska, D. (2022). Effect of Pumpkin Cultivar on the Selected Quality Parameters of Functional Non–Dairy Frozen Desserts. *Applied Sciences*, 12(16), 8063. doi:10.3390/app12168063.

Tahmaz, J., Mujić–Dovadžija, S., Begić, M., Oručević Žuljević, S., Jurković, J., & Alkić–Subašić, M. (2020, June). Determination of Quality Parameters of Dehydrated Carbohydrate Based Baby Food. In Central European Congress on Food (pp. 1–13). Cham: *Springer International Publishing*.

Tangjaidee, P., Swedlund, P., Xiang, J., Yin, H., & Quek, S. Y. (2023). Selenium-enriched plant foods: Selenium accumulation, speciation, and health functionality. *Frontiers in Nutrition*, 9, 962312. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.962312.

Taouzinet, L., Djaoudene, O., Fatmi, S., Bouiche, C., Amrane-Abider, M., Bougherra, H., ... & Madani, K. (2023). Trends of Nanoencapsulation Strategy for Natural Compounds in the Food Industry. *Processes*, 11(5), 1459. https://doi.org/10.3390/pr11051459.

Teixeira-Lemos E., Almeida A. R., Vouga B., Morais C., Correia I., Pereira P., Guiné R. P. Development and characterization of healthy gummy jellies containing natural fruits. Open Agriculture. 2021. № 6(1). P. 466–478. DOI: https://doi.org/10.1515/opag-2021-0029.

Thakur M., Nanda V. Investigating the flow properties of bee pollen enriched milk powder during storage. Journal of Stored Products Research. 2022. № 96. P. 101940. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101940.

Thakur M., Pant K., Naik R. R., Nanda V. Optimization of spray drying operating conditions for production of functional milk powder encapsulating bee pollen. Drying Technology. 2021. № 39(6). P. 777–790. DOI: https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1720225.

Thierry M. (2020) Accelerating Wellness Trends: "Digital Everything," Even Less Meat, Functional and Immunity-Focused Foods. *Global Wellness Institute.* Retrieved from https://globalwellnessinstitute.org/global-wellness-instituteblog/2020/07/14/accelerating-wellness-trends/

Topal E., Adamchuk L., Negri I., Kösoğlu M., Papa G., Dârjan M.S., Cornea-Cipcigan M., Mărgăoan R. Traces of Honeybees, Api-Tourism and Beekeeping: From Past to Present. Sustainability. 2021. Vol. 13. No. 21. P. 11659. URL: https://doi.org/10.3390/su132111659

Topal E., Do˘garo˘ glu M., Yücel B., Varadi A., Strant M.; Karaca Ü. Arıcılıkta Ürün Çe¸sitlili˘ginin Arttırılması ve Pazarlama Stratejileri; Meta Basım Matbacılık Hizmetleri: ˙Izmir, Turkey. 2016. ISBN 978-605-9175-54-8.

Vallée Marcotte, B., Verheyde, M., Pomerleau, S., Doyen, A., & Couillard, C. (2022). Health benefits of apple juice consumption: A review of interventional trials on humans. *Nutrients*, 14(4), 821. doi:10.3390/foods13081153

Vara, A. L., Pinela, J., Dias, M. I., Petrović, J., Nogueira, A., Soković, M., Ferreira, I. C., & Barros, L. (2020). Compositional features of the "Kweli" red raspberry and its antioxidant and antimicrobial activities. *Foods*, 9(11), 1522. doi:10.3390/foods9111522.

Vinayashree, S., & Vasu, P. (2021). Biochemical, nutritional and functional properties of protein isolate and fractions from pumpkin (Cucurbita moschata var. Kashi Harit) seeds. *Food Chemistry*, 340, 128177. doi:10.1016/j.foodchem.2020.128177.

Wan, D., Wu, Q., & Kuča, K. (2021). Spirulina. In Nutraceuticals (pp. 959-974). *Academic Press*. doi:10.1016/B978-0-12-821038-3.00057-4

Wang, K., Xu, Z., & Liao, X. (2022). Bioactive compounds, health benefits and functional food products of sea buckthorn: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(24), 6761–6782. doi:10.1080/10408398.2021.1905605.

Wang, Z., Zhao, F., Wei, P., Chai, X., Hou, G., & Meng, Q. (2022). Phytochemistry, health benefits, and food applications of sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.): A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1036295. doi:10.3389/fnut.2022.1036295

Wati, A. M., Rahayu, P. P., Prasetyo, D. I., & Esti, N. A. K. (2024). Effect of Adding Natural Extracts on pH Value, Yield, and Organoleptic Properties of Honey Candy. *Journal of Agriprecision & Social Impact*, *1*(3). https://doi.org/10.62793/japsi.v1i3.33

Yagami A., Ebisawa M. New findings, pathophysiology, and antigen analysis in pollen-food allergy syndrome. Current opinion in allergy and clinical immunology. 2019. № 19(3), P. 218–223. DOI: https://doi.org/10.1097/ACI.0000000000000533.

Yan S., Wan Y., Wang F., Xue X., Wu L. Fortification of bread with bee pollen, and its effects on quality attributes and antioxidant activity. International Food Research Journal. 2021. Vol. 28. No. 3. P. 517–526.

Yucel B., Topal E., Kosoglu M. Bee Products as Functional Food. In Superfood and Functional Food. An Overview of Their Processing and Utilization; IntechOpen: London, UK. 2017. P. 15–33.

Yuliati F. N., Ali H. M. Effects honey on different levels of antioxidant activity and chemical of pasteurized eggs. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 247. No. 1. P. 012067.

Yuliati K., Hamzah B. The Traditional Local Product Gulo Puan in Chocolate Bar Making. International Journal of Science and Research (IJSR). 2022. № 11(2). P. 1–3.

Zlatev Z., Taneva I., Baycheva S., Petev M. A comparative analysis of physico-chemical indicators and sensory characteristics of yogurt with added honey and bee pollen. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2018. № 24. P. 132–144.

Адамчук Л. О., Броварський В. Д., Величко С. М., Бріндза Я., Хлебо Р. (2018). *Перга. Ресурси і технологія виробництва:* монографія. К.: НУБіП України, 149 с. [укр, eng]. ISBN 978-617-7630-35-6

Адамчук Л. О., Новицька А. Т., Акульонок О. І., Іванішова Е., Шімкова Я., Білоцерківець Т. І. (2018). Фенолокислоти бджолиного обніжжя. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини:* зб. міжнар. міждисц. наук.-практ. конф., с. Солочин, 13-14 квіт. 2018 р. / За ред. проф. Т.М. Ганича. Київ: Центр учбової літератури, С. 20.

Адамчук Л. О., Новицька А. Т., Броварський В. Д., Бріндза Я. (2017). Антиоксидантна активність перги. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини*: зб. пр. X міжнар. міждисц. наук.-практ. конф., м. Ужгород, 21-27 квіт., 2017 р. Ужгород, 86–88.

Адамчук Л. О., Сухенко В. Ю., Акульонок О. І. (2019). Ферментативна активність акацієвого меду. *Новітні технології.* №3 (10). С. 52–61.

Адамчук, Л. О., Чечітко, В. І., Антонів, А. Д., & Бріндза, Я. (2025). Аналіз результатів споживчого оцінювання нового медового десерту оздоровчого призначення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (2), 259–276.

Горніч М.Л. (2019) Медові вина: як зробити медове вино в домашніх умовах (Історя, терміни, теорія, технології, рецепти, обладнання) 6-е вид., перероб. и доповн. К.: Дім, сад, город, 180 с.

Мовна, У. В. (2017). *Бджільництво: український обрядовий контекст*. Instytut narodoznavstva NANU.

Чечітко, В. І., & Адамчук, Л. О. (2024). Розроблення рецептур десерту медового оздоровчого призначення. *Здоров'я людини і нації*, (2), 44–54.

6.2. Технологія оздоровчих м'ясних снеків тривалого терміну зберігання

Артем Антонів, Ян Бріндза

6.2.1 Актуальність виробництва снеків оздоровчого призначення. На початку слід з'ясувати основні поняття, що будуть використовуватися у підрозділі.

Поняття «оздоровчі харчові продукти». Оздоровчі харчові продукти – це продукти, які не тільки забезпечують організм енергією та поживними речовинами, а й мають функціональні властивості, сприяють зміцненню здоров'я, зниженню ризику захворювань та покращенню фізіологічних процесів. Основні відмінності оздоровчих продуктів, які вирізняють їх з поміж інших продуктів, це:

- збагачені біологічно активними речовинами (БАР) — вітамінами, антиоксидантами, пробіотиками, ферментами тощо;
- не містять або мінімізують додавання штучних консервантів, барвників, підсилювачів смаку;
- орієнтовані на певні категорії людей: спортсменів, дітей, людей похилого віку, людей із захворюваннями ШКТ, серцево-судинної системи, хто потребує зміцнення імунітету після захворювань тощо.

Поняття «снек». Снек – це невелика порція їжі, призначена для швидкого вживання між основними прийомами. У сучасному розумінні снеки поділяються на традиційні (картопляні чипси, солоні крекери, сухарики, солодощі), корисні (горіхи, сухофрукти, протеїнові батончики, овочеві чипси), а також функціональні (збагачені клітковиною, білком, антиоксидантами тощо). Ключові ознаки, це зручність, тривалий термін зберігання, швидке споживання без попереднього оброблення.

Поняття «м'ясний снек». М'ясний снек – це готовий до споживання продукт із м'яса, що має знижену вологість, часто підданий сушінню, копченню або запіканню. До прикладів належать джерки (сушене м'ясо), м'ясні палички, ковбаски-снеки, м'ясні чипси. Їхньою перевагою є висока білкова цінність, зручність у споживанні, насичення без великого обсягу їжі.

На основі аналізу термінів, можна зробити висновок, що ***оздоровчий м'ясний снек***, це готовий до споживання м'ясний продукт тривалого зберігання, що поєднує високу харчову цінність (зокрема білкову) зі збагаченням натуральними функціональними інгредієнтами (продукти бджільництва, спеції, рослинні компоненти тощо), без застосування штучних консервантів і сприяє підтриманню або поліпшенню здоров'я споживача.

Чемелєва та Стеценко (2021) зазначають, що в житті сучасної людини дуже поширені снеки, водночас продукти швидкого харчування завдають організму неабиякої шкоди і провокують виникнення низки хвороб, поміж яких зайва вага, проблеми зі станом серця та судин, підвищений вміст холестерину в крові. Як один зі способів вирішення проблеми пропонують впровадження у виробництво харчових продуктів з натуральної рослинної сировини, яка може вирощуватися без забезпечення спеціальних та має високу біологічну цінність. Поміж такої сировини вони виділяють насіння льону та кінзу для подальшого перероблення в рослинні чипси.

Однією з переваг снекової продукцією є те, що вони можуть використовуватися, як швидкий перекус, який є досить легкий та не займає багато місця. Снеки допоможуть підтримати енергію та відкласти голод до повноцінного прийому їжі. Поряд зі звичайними снеками популярність набирають і функціональні снеки, які містять корисні інгредієнти, такі як харчові волокна, білок, вітаміни та мінерали. За даними Grand View Research, ринок функціональних снеків очікується зростати з 23,4 мільярдів доларів у 2020 році до 40,8 мільярдів доларів до 2028 року *(Grand View Research, 2022).* Враховуючи популярність снекової групи харчових продуктів варто відзначити недостатній вибір снеків функціонального призначення. Одна з головних проблем більшості снеків, це високий вміст жиру, солі, цукру та штучних ароматичних добавок. Значний розвиток сегменту

функціональних снеків, зокрема, вітаміно- та мінераломістких сприяють зміцненню кісток та імунної системи. Снеки з додаванням пробіотиків та пребіотиків підтримують здоров'я шлунково-кишкового тракту, покращують імунітет, зменшують ризик виникнення ожиріння, збільшують кількість корисних бактерій у шлунково-кишковому тракті та поліпшують здоров'я травної системи *(Yankovskyi and Stepanova, 2023).* В свою чергу снеки функціонального призначення, які в своєму складі містять значну кількість амінокислот та можуть використовуватися в харчуванні спортсменів, а також для тих, хто в процесі життєдіяльності піддається підвищеним фізичним навантаженням. Такі харчові продукти справляють регулювальний вплив на гліколіз м'язів, відіграють істотну роль у процесі синтезу гемоглобіну та підтриманні в організмі кислотно-лужної рівноваги *(Сімахіна та Науменко, 2021).* Для створення продуктів зі збереженим «ефектом свіжості» науковці *(Вишковський та Вогнівенко, 2025)* використовували перспективну технологію ультразвукового заморожування, яка забезпечує збереження мікроструктури, текстури та до 97% поживних речовин. Водночас технологія може застосовуватися в багатьох напрямах приготування їжі, а саме кулінарії, кондитерському виробництві, шкільному харчуванні, а також у їдальнях, лікарнях і санаторіях.

Необхідність появи та розроблення снеків оздоровчого направлення полягає в зростанні оздоровчого та раціонального харчування, з кращим розумінням споживачами зв'язків між їжею, здоров'ям та навколишнім середовищем. Завдання перетворити побічні продукти харчової промисловості на корисні інгредієнти, завдяки також останнім технологічним досягненням у технологіях переробки вирішували *Grasso (2020).* Таким чином було визначено, що екструдовані снеки на основі круп є популярними продуктами, однак потребують удосконалення, оскільки багато з них на ринку на сьогодні містять значну кількість солі, жиру та цукру, із загальною низькою поживною цінністю.

Одним з досліджень *Allan et. al., (2021)* було дослідити рівень споживання та доступності снеків, зокрема оздоровчих в лікарнях. Так з наявних снеків частина помітно відрізнялися за калоріями (18–641 ккал), жиром (0–39 г), цукром (0,1–76 г) та сіллю (0–2,9 г). Лише 30% доступних снеків були корисними варіантами і лише 25% найбільш часто придбаних закусок були оздоровчими варіантами. Водночас, коли вибір снеків був з асортименту в якому не менше 75% переважав оздоровчих продуктів, споживачі надавали перевагу саме їм. Загалом хоча і оздоровчі снеки легко доступні для людей, але існує більша відносна різноманітність нездорових снеків. Багато споживачів продовжують купувати малокорисні продукти. Подальше збільшення доступності та різноманітності оздоровчих варіантів може допомогти споживачам зробити більш здоровий вибір.

Попри те, що багато хто має намір харчуватися корисно, фактична поведінка щодо перекусів часто характеризується споживанням висококалорійної та шкідливої їжі. Однією з причин такої розбіжності може бути те, що люди схильні пов'язувати нездорову їжу зі смачною, що заважає їм досягати своїх цілей щодо здорових перекусів. Як зазначають *Schlinkert et. al., (2020),* щоб допомогти людям перекушувати здоровіше, відповідно до їхніх намірів, існує нагальна потреба краще розуміти, як люди сприймають «ідеальний перекус», що зрештою можна використати для того, щоб зробити корисні снеки привабливішими. Результати виявили велику кількість специфічних та індивідуальних уявлень про ідеальні снеки. Спільними чинниками були сенсорні характеристики та поняття «здоровий». Здорові та нездорові снеки в основному пов'язували з їхнім позитивним або негативним наслідком для здоров'я. Такий підхід може вплинути на розроблення та маркетинг здорових, збалансованих за поживністю снеків, які будуть смачними та привабливими саме для тих людей, які обирають корисну їжу.

Для відповіді на потреби сучасних споживачів, виробники харчових продуктів активно працюють над створенням нових продуктів, що формують їжу майбутнього. Зміни у споживчих звичках спонукають харчову промисловість та спеціалістів шукати інноваційні рішення, які б забезпечували не лише зручність у споживанні, але й унікальність у плані харчової цінності та мінімальну кількість штучних добавок. *Ciurzyńska et. al. (2019)*

аналізували проблеми дитячого ожиріння, ролі перекусів у щоденному раціоні та можливості заміни шкідливих, висококалорійних снеків на корисні альтернативи, виготовлені з дотриманням принципів збалансованого виробництва. Так, використання ліофілізації та застосування лише натуральних гідроколоїдів дає змогу створити снеки зі збалансованим та натуральним складом, які знаходять відгук у свідомих споживачів. Також науковцями було запропоновано перспективні рішення, як-от фруктові снеки, для виробництва яких може використовуватися сухофруктова вижимка або фруктове пюре, які отримуються після основного перероблення. Завдяки цим інноваціям підвищується харчова цінність продукту, а також покращуються його характеристики. Процес ліофілізації дає змогу зберегти максимальну харчову цінність продукту та його природний колір, тоді як створена структура виходить пористою та крихкою, що особливо важливо для споживачів під час вибору снеків.

Перекуси, або звичка харчуватися часто та невеликими порціями, мають деякі плюси для здоров'я, що стосуються регулювання апетиту, контролю ваги та поліпшення показників глюкози в крові для людей з діабетом чи переддіабетичним станом. Але є спільне розуміння того, що навколишнє середовище, яке сприяє ожирінню, стимулює переїдання через збільшені порції, привабливий смак, а також через безліч соціальних і психологічних чинників, пов'язаних з їжею *(Miller et. al., 2013)*. У зв'язку з цим, і з огляду на суперечливі дані щодо впливу перекусів, зокрема снеками на здоров'я, виникає питання, яким чином можуть частіші прийоми їжі та перекуси позитивно впливати на здоров'я.

В останні роки споживання снеків значно зросло. Як зазначають *Alarcón-García et. al. (2021)* солоні снеки посіли перше місце на північноамериканському ринку у 2014 році, тоді як на європейському та південноамериканському ринках вони посіли третє місце. Найважливішими мотивами для придбання та споживання снеків були ті, що пов'язані зі зручністю, а також для споживачів корисний м'ясний снек має бути багатим на білок та з низьким вмістом солі.

Продукти з високою харчовою цінністю користуються все більшим попитом у споживачів, які потребують підвищеного споживання білка. Поміж таких – активні молоді та люди похилого віку. *Kessler et. al., 2019* у своїх дослідженнях зосередились на функціональних снекових ковбасках, збагачених гідролізатами м'ясного білка зі смаком умамі. Як споживчий тест, так і інструментальний аналіз послідовно вказували на те, що збагачення гідролізатами м'ясного білка мало незначний або взагалі не впливало на сприйнятливість ковбасок, що свідчило про те, що цей інгредієнт можна додавати для збільшення харчової цінності еталонного м'ясного продукту без негативного впливу на сприйнятливість споживачами.

Один з видів снеків, які пропонувалися *Ray et. al. (1996)* для споживачів, це екструдовані м'ясні закуски в'яленого типу з додаванням картопляного борошна. Загалом екструдовані, поживні, в'ялені продукти, виготовляли з картопляного борошна в поєднанні з частково знежиреною рубаною яловичиною, механічно обваленою куркою або курячим м'ясом стегон та ніг з порошком чилі. Їх досліджували на текстурні властивості, мікробну та поживну цінність. Екструдати, що складаються з яловичини мали більше білка, менше жиру та містили більше заліза, ніж екструдати з використовуваним курячим м'ясом. Також було виявлено, що кілька сировинних інгредієнтів мали високу кількість мікробів, але екструзійна обробка призвела до мінімальної допустимої кількості мікробів у готових продуктах.

Порівнюючи різні представлені снеки на ринку, злакові мають дуже низьку харчову цінність. Враховуючи їхню велику популярність поміж індійських споживачів *Talukder et. al. (2015)* шукали рішення, як подолати недоїдання та дефіцит білка. З огляду на це, авторами було заплановано включити легкодоступне бараняче м'ясо до популярних снеків, щоб покращити харчову цінність, прийнятність та функціональність снеків. За підсумками було розроблено оптимізований продукт, який ще й може зберігатися за кімнатної температури в впродовж 45 днів без помітного погіршення якості – на основі оцінювання фізико-хімічних (pH та значення речовин, що реагують з тіобарбітуровою кислотою) та мікробіологічних параметрів (загальна кількість мікробів, кількість коліформних бактерій, кількість дріжджів та цвілі).

Нові м’ясні продукти тривалого зберігання з високим вмістом білка, які є доступними, зручними та корисними, є гарячою темою в сучасних тенденціях інновацій у харчовій промисловості. Для розширення асортименту снеків, зокрема оздоровчого направлення авторами *Lima et. al. (2024)* було оцінено технологічні та сенсорні аспекти в’ялених снеків з баранини, доданих до пробіотичної культури *Lactobacillus paracasei* та пребіотика лактулози. Ними було проаналізовані чотири рецептури: контрольна (без пребіотика або пробіотика); PREB (з 2% лактулози); PROB (з 107 КУО/г *L. paracasei*); та SYMB (з 2% лактулози та 107 КУО/г *L. paracasei*). Істотних відмінностей у хімічному складі, профілях текстури та колірних індексах між запропонованими функціональними снеками та контрольною групою не спостерігалося. Запропонована рецептура та параметри лабораторного процесу дали змогу отримати потенційно поживно та сенсорно оцінені, мікробіологічно стабільні та безпечні (з погляду багатьох перешкод) функціональні високобілкові реструктуровані снеки з баранини.

Удосконалюючи продукти снекової групи *Lin (2023)* було виготовлено нові батончики з яловичини та бобових культур з використанням інфрачервоного нагрівання. В готовому продукті було оцінено параметри оброблення, фізико-хімічні властивості, поведінку під час зберігання та сенсорні властивості. Так, не було виявлено суттєвих відмінностей у параметрах оброблення за змінними рецептурами. Сенсорне оцінювання продуктів проводили за допомогою підліткової групи (віком 9–17 років). Їм також було запропоновано пройти опитування щодо їхньої поведінки щодо перекусів та ставлення до продуктів. За підсумком оцінювання молоді споживачі погодилися, що цей новий продукт видається здоровішим варіантом перекусу, ніж ті, які вони зазвичай споживають, що може допомогти покращити харчову цінність їхнього раціону. На завершення, розроблені м’ясо-бобові батончики отримали високу сприйнятливість як поміж молодих, так і поміж дорослих споживачів.

Для покращення споживання поживних речовин поміж дітей шкільного віку, які проживають у сільській місцевості Кенії, *Murphy et. al. (2007)* було розроблено три види перекусів. Перекуси, що містили продукти тваринного походження (молоко та м’ясо), забезпечували більше поживних речовин, ніж вегетаріанський перекус з рівнокалорійною кількістю калорій. Вегетаріанський перекус забезпечував додаткову кількість вітаміну А; молочний перекус був багатий на кальцій, вітамін А та вітамін В-12; а м'ясний перекус забезпечував вітамін В12, залізо та цинк. Коли порівнювали зміни в споживанні від початкового рівня до періоду годування між 4 групами, загальне споживання енергії найбільше збільшилося для дітей у групі м’яса та найменше для дітей у контрольній групі. Відповідно м’ясні снеки оздоровчого характеру можуть використовуватись у дитячому харчуванні.

Поміж альтернатив для усунення хронічної білково-енергетичної недостатності під час гемодіалізу є посилення пероральної нутритивної терапії під час діалізу. Хоча продукти тваринного походження є джерелом поживних речовин і представляють собою прийнятний раціон, існує невизначеність щодо їх наслідків для здоров’я. Пацієнти, які проходили низькопотоковий хронічний гемодіаліз впродовж одного місяця, були розділені на дві групи, які отримували 2 г (група 1) та 29 г (група 2) перорального білка під час діалізу відповідно. На наступній фазі група 1 отримувала 27 г білка (снек з червоного м’яса), загалом 29 г на діаліз. Група 2 продовжувала отримувати 29 г білка. Результати свідчать про те, що перекуси не мали гострої кореляції з підвищеним рівнем запалення, і вказують на те, що багатий на білок перекус з червоного м’яса може бути корисним для пацієнтів на хронічному гемодіалізі *(Maduro et. al., 2013).*

На сучасному ринку існує значний асортимент м’яса та різноманітних м’ясних продуктів. Хімічний склад і енергетична цінність м’яса можуть відрізнятися, залежно від виду тварини та тієї частини її тіла, що використовується. Загалом, м’ясо – це важливе джерело протеїнів, вітамінів та мінеральних речовин, що є необхідними в раціоні харчування людини. Аналіз хімічного складу м’яса є надзвичайно важливим етапом досліджень під час виробництва харчових продуктів. Отож, розуміння хімічного складу м’яса лежить в основі

багатьох аспектів харчового виробництва та гарантування безпечності харчових продуктів, що, водночас, сприяє розробці ефективних та корисних продуктів для споживачів.

Розуміння вмісту білків, жирів, вітамінів, мінералів та інших корисних речовин в м'ясі дає змогу оцінити його харчову цінність і те, як воно впливає на здоров'я. Це особливо важливо під час створенні нових харчових продуктів, плануванні збалансованих дієт та для врахування рекомендацій щодо харчування. Крім того, хімічний склад безпосередньо впливає на смак, аромат, текстуру та інші характеристики м'яса. Знання хімічного складу дає змогу виробникам краще розуміти, які саме чинники визначають якість м'яса і як можна покращити його споживчі властивості. Хімічний склад та енергетична цінність м'яса худоби та птиці наведено у табл. 6.17 за даними *Ярошевич (2021).*

Позитивні властивості м'яса та його користь можуть варіюватися в залежності від особистих потреб і смаків, а також від конкретних обставин споживання. З цієї причини, під час вирішення питання щодо вихідної сировини для виготовлення продукту, брали до уваги чинники вибору. Насамперед, це стосувалося смакових характеристик (кожній людині притаманні індивідуальні смаки, відтак вибір м'яса часто зумовлений саме особистими вподобаннями), дієтичних вимог (надавалась перевага сировині з невеликим вмістом жирів та значним вмістом білка), беручи до уваги також аспекти здоров'я та дієтичні обмеження (залежно від стану здоров'я та дієтичних потреб, один тип м'яса може виявитися оптимальнішим для певної особи), спосіб виготовлення та обробки (необхідно враховувати, як м'ясо зазнає змін під час виробництва), а також здатність безперебійно забезпечувати переробні підприємства сировиною, зокрема вітчизняного виробництва, уникнувши при цьому відчутного й постійного зростання цін.

Зважаючи на зазначені вимоги до сировини, хімічний склад та енергетичну цінність різновидів м'яса, а також враховуючи наявні дані з досліджень *(Большакова, Дроменко та Онищенко, 2023; Antoniv et al., 2023; Дослідження хімічного складу м'яса органічних курчат, 2019),* як сировину для виготовлення сушених м'ясних снеків було обрано курятину.

Таблиця 6.17 Хімічний склад та енергетична цінність м'яса

Вид м'яса	Вміст, %				Енерг. цінність, ккал/100г
	вологи	білку	жирів	золи	
Яловичина	58,6-78,5	17,5-21,0	2,0-23,0	0,9-1,2	105-286
Телятина	77,3-78,0	19,7-20,4	0,9-2,0	1,0-1,1	89-97
Свинина беконна	54,2	17,0	27,8	1,0	318
Свинина м'ясна	51,5	14,3	33,3	0,9	357
Свинина жирна	38,4	11,7	49,3	0,6	491
М'ясо поросят-молочників	75,4	20,6	3,0	1,0	109
Баранина	52,9-72,5	15,3-20,0	6,4-26	0,8-1,0	142-351
Конина	66,8-74,3	21,5-21,7	2,5-10	1,0-1,7	111-181
Кролятина	66,7	21,1	11,0	1,2	183
Кури	61,9-69,1	18,2-21,2	8,2-18,4	0,8-0,9	161-241
Курчата-бройлери	63,8-67,7	18,7-19,7	11,2-16,1	0,9	127-183
Гуси	45,0-54,4	15,2-17,0	27,7-39,0	0,8-0,9	317-412
Гусенята	53,3-65,1	16,6-19,1	14,6-28,8	0,8-1,0	326
Качки	45,6-56,7	15,8-17,2	24,2-38,0	0,6-0,9	287-405
Каченята	56,0-60,3	16,0-18,0	20,7-27,2	0,8-1,0	258-309
Індики	57,3-64,5	19,5-21,6	12,0-22,0	0,9-1,1	197-276
Індичата	68,0-71,2	18,5-21,7	5,0-11,7	0,9-1,0	134-182

Проведено огляд енергетичної та харчової цінності м'ясних снеків (табл. 6.18) від українських виробників із порівнянням за ключовими показниками: вміст білків, жирів, вуглеводів та калорійність (ккал/100 г) за даними *Молоканова та Орешина (2012).*

Таблиця 6.18 Порівняння харчової цінності м'ясних снеків

Назва продукту	Білки (г)	Жири (г)	Вуглеводи (г)	Калорійність (ккал)
Свинина в'ялена	39,0	5,5	2,5	216
Конина в'ялена	39,0	12,0	5,0	284
Курка в'ялена	54,0	1,8	1,0	236
Скибочки оленини	55,5	9,9	–	311,1
Скибочки яловичини	56,4	10,0	–	315,6
Балик зі свинини	39,0	5,5	2,5	216
Балик з м'яса курки	49,0	3,5	1,5	226
Строганина з яловичини	44,1	14,7	1,1	313
Строганина з баранини	44,8	14,1	1,0	310
Строганина з індички	52,3	10,0	1,0	303
Строганина з оленини	43,1	10,6	1,0	271
Строганина з конини	48,1	15,3	1,6	336

Найвищий вміст білка відзначений в таких снеках, як скибочки яловичини (56,4 г), скибочки оленини (55,5 г), в'ялена курка (54 г), строганина з індички (52,3 г). Найнижчий – свинина та конина в'ялені (39 г). Відповідно найвищу білкову цінність мають яловичина, оленина, курятина та індичка. Такі снеки доцільно вважати найбільш доцільнішими для оздоровчого харчування. Щодо жирової складової, то найменше жиру в снеках: курка в'ялена (1,8 г) та балик з курятини (3,5 г). Найбільше: строганина з конини (15,3 г), строганина з яловичини – 14,7 г. Так, м'ясо птиці є найменш жирним, а от конина, баранина та яловичина мають підвищену калорійність за рахунок жирів. Калорійність найвища в снеках: строганина з конини – 336 ккал, яловичина та оленина (скибочки) – 311–316 ккал. Найнижча – свинина в'ялена та балик зі свинини – 216 ккал, а також курка в'ялена – 236, балик з м'яса курки – 226. Найбільш збалансованими за білково-жировим складом є снеки з курки, індички та оленини. Також снеки з птиці мають переваги в дієтичному харчуванні – високий білок, мінімум жиру. Для оздоровчих снеків доцільно орієнтуватися на курку, індичку, оленину – із додаванням функціональних інгредієнтів, зокрема меду, прополісу, спецій, для підвищення харчової цінності. Загалом м'ясні снеки мають високу енергетичну щільність, що робить їх цінними для раціонів підвищеного фізичного навантаження або похідного харчування.

Результати розрахунку співвідношення білків і жирів авторами *Орешина та Молоканова (2012)* за даними виробників свідчать про правильність позиціонування снеків як «білкових» продуктів, але за їхніми власними результатами дають підставу називати такими лише снеки з курятини та індичини. Через суттєве порушення вмісту білків і жирів в бік жирів в снеках зі свинини, яловичини та конини вони не можуть позиціонуватися за категорією білкових. Також аналіз отриманих даних свідчить про необхідність розробок щодо нових рецептур м'ясних снеків зі застосуванням деструктуризації м'язової тканини та залучення нетрадиційних рецептурних інгредієнтів.

Підсумовуючи вищенаведене, оздоровчий снек – це харчовий продукт, готовий до вживання, який поєднує зручний формат споживання зі збагаченим складом, спрямованим на підтримку або покращення стану здоров'я. У контексті м'ясних продуктів, це снеки з високим вмістом білка, зниженим вмістом шкідливих жирів і без додавання синтетичних консервантів, що доповнюються функціональними інгредієнтами, наприклад, такими як продукти бджільництва. Поживна цінність оздоровчих м'ясних снеків визначається високим вмістом повноцінного білка, мікронутрієнтів і природних біологічно активних речовин. З технологічної точки зору вони повинні забезпечувати тривалий термін зберігання, стабільну якість та безпечність без застосування штучних добавок, що досягається шляхом дегідратації,

вакуумування, маринування з натуральними компонентами. Цільовою аудиторією таких продуктів є споживачі, які ведуть активний спосіб життя, спортсмени, військовослужбовці, люди із спеціальними дієтичними потребами. На тлі зростаючого попиту на функціональні продукти та тренду clean label (чиста етикетка), виробництво оздоровчих м'ясних снеків має високу актуальність і значний потенціал розвитку.

6.2.2 Властивості продуктів бджільництва, як сировини для виробництва м'ясних снеків. У подальшому дослідили сировину з огляду на властивості та хімічний склад для використання у рецептурах нових м'ясних виробів.

Мед, як натуральний консервант, підсолоджувач і ароматизатор. Зважаючи на літературні дані *Tyshchenko et. al., 2021; Sukhenko et al., 2019; Iliaab et. al., 2021* щодо фізико-хімічних та якісних характеристик, мед володіє терапевтичною цінністю, що обумовлено структурою вуглеводів та наявністю пилкових зерен. Він сприяє врегулюванню обміну речовин та підсиленню імунної системи. Корисні елементи, що знаходяться у меду, допомагають стабілізувати кислотність шлункового соку та покращити травлення. Мед має позитивний вплив на нервову систему та сприяє покращенню загального стану організму. Людям з діабетом та тим, хто має високий рівень холестерину в крові, мед успішно замінює цукор. За регулярного вживання меду помітно зростає працездатність, тому його рекомендується вживати пацієнтам, спортсменам та всім, хто виконує фізичну працю. За результатами визначення фізико-хімічних показників встановлено, що додавання меду до складу маринаду м'ясних напівфабрикатів підвищує вміст білку в досліджуваних зразках за зберігання упродовж 2 годин та відповідно на 0,66 % і 0,69 % після зберігання упродовж 24 годин, у порівнянні з контрольним зразком.

Дозрілий мед є концентрованим водним розчином (10–20 % води) частково інвертованих цукрів (70– 80%), що містить суміш органічних кислот, мінералів, ароматичних речовин, а також пігменти, віск та пилкові зерна. Співвідношення усіх цих компонентів і визначає його автентичний склад. Лікувальна дія меду також визначається його складом та модулюється співвідношенням компонентів з антиоксидантною активністю (ферменти (каталаза, глюкозооксидоза, пероксидаза) та інші білки, амінокислоти, каротиноїди, продукти реакції Майяра та феноли) та протимікробною дією *(Adamchuk et. al., 2020).*

Під час досліджень *Strashynskyi et. al. (2021)* було встановлено, що за збільшення кількості бджолиного меду від 0 % (№1) до 0,4 % (№4) pH фаршу знижується з 5,81 до 5,71. Ця динаміка зберігається впродовж усього періоду сушіння-дозрівання, збільшуючись до кінця процесу. У готовому продукті pH №1 становить 5,25, №4 – 4,74. Таким чином, збільшення частки бджолиного меду в рецептурі впливає на значення активної кислотності як у фарші, так і впродовж усього процесу. Бджолиний мед, поряд з іншими вуглеводами може регулювати pH, використовуючи його за потреби як додатковий технологічний бар'єр. Індекс активності води в готовому продукті має найвище значення 0,8593 у зразку №1 (0% меду), а найнижче 0,8457 у зразку №4 (0,4% меду). Відповідно використання меду підвищує біологічну цінність продукту, скорочується процес сушіння та дозрівання, пришвидшується процес ферментації.

Дослідження *El-Kalyoubi et. al. (2014)* було проведено для оцінювання впливу оброблених шматочків (сушених) курки трьома різними концентраціями меду (10, 15 та 20%); всі оброблені зразки, а також контрольний зразок, зберігалися за температури 4°C впродовж 14 днів. Результати показали, що від збільшення концентрації меду в шматочках курки загальна кількість життєздатних мікроорганізмів зменшувалася як під час, так і в кінці періоду зберігання. Зразок з 20% меду продемонстрував найкращий ефект на зменшення загальної кількості життєздатних мікроорганізмів під час зберігання. Ці результати підтверджують антибактеріальну дію меду проти бактерій *(El-Kalyoubi et. al., 2014; Antony et al., 2006).* Усі зразки не містили кишкової палички, сальмонели та золотистого стафілокока, також усі зразки з медом мали більший антимікробний ефект, ніж зразки з триполіфосфатом натрію. Щодо органолептичних відмінностей, то за результатами встановлено, що між усіма зразками

суттєвих відмінностей немає. Зроблено висновок, що бджолиний мед може бути використаний як антиоксидантний та антибактеріальний засіб у харчових технологіях. За дослідженнями *Johnston et. al. (2005)* підтверджено також, що мед може бути природною альтернативою фосфатам для уповільнення окислення ліпідів, оскільки усі концентрації меду покращили вихід готування, причому 10% меду була ефективнішою, ніж триполіфосфат натрію. Також мед уповільнював окислення ліпідів у котлетах з яловичого фаршу, що зберігалися за 4 °C та -18°C, причому мед зменшував утворення гідропероксидів ліпідів в охолоджених котлетах так само ефективно, як і триполіфосфат натрію.

Метою роботи *Bogusz et. al. (2024)* було оцінити вплив додавання медового порошку на якість курячих продуктів впродовж 14 днів зберігання в холодильнику. Негативні зміни ліпідів були повільнішими у продуктах з додаванням медового порошку порівняно з контрольним продуктом. Після 14 днів зберігання продукти з медом показали значно нижчі (до 50%) значення тіобарбітурової кислоти, ніж контрольні продукти. Крім того, додавання медового порошку зменшило ріст психротрофних та молочнокислих бактерій під час зберігання порівняно з контрольними продуктами. Медовий порошок на думку авторів є перспективною природною сполукою, яка може подовжити термін зберігання модельних курячих виробів, що зберігаються в холодильнику. Водночас через деякі зміни в органолептичних властивостях авторами рекомендується використовувати в рецептурах більш інтенсивні трави та спеції, які можуть бути корисними для покращення сенсорної привабливості курячих виробів.

Як підтверджують дослідження *Antony et. al. (2000)* вміст гексаналу зменшувався зі збільшенням кількості доданого меду як у свіжоприготованому м'ясі, так і в м'ясі, що зберігалося впродовж 48 годин за температури 4°C. Значення тіобарбітурової кислоти також зменшувалися зі збільшенням рівня доданого меду у свіжоприготованому та 48-годинному м'ясі. Відсоток інгібування окислення для зразків з 5, 10, 15 та 20% вмістом меду збільшився з 50 до 76% для свіжоприготованого м'яса та з 34 до 88% для м'яса, що зберігалося 48 годин. Індекс окислювальної стабільності збільшувався зі збільшенням концентрації меду від 0,28 год (контроль) до 7,73 год (20% меду). Додавання до 15% меду пригнічувало розвиток окислювальних сполук у приготованому м'ясі індички, водночас подальше інгібування спостерігалося незначне порівняно з 20% медом.

Ще один експеримент було проведено для з'ясування впливу бджолиного меду на сенсорні, фізико-хімічні та біохімічні властивості ковбас з курячою м'ясом. *Ali et. al. (2022)* були виявлені значні відмінності в pH, відсотках сухої речовини, сирого протеїну та ефірного екстракту, тоді як суттєвих відмінностей у відсотках втрат під час варіння та зольності ковбасного тіста не було виявлено. Смак та загальна оцінка були значно нижчими у ковбасах з курячої грудки без бджолиного меду. Бджолиний мед покращив смак, соковитість, ніжність та загальну оцінку ковбас з курячої грудки. Хоча суттєвих відмінностей між ковбасами з курячої грудки бройлера без бджолиного меду та ковбасами з курячою грудкою з 2% або 4% бджолиного меду не було виявлено, якісні показники були вищі у ковбасах з 4% бджолиного меду. Можна зробити висновок, що сенсорні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні дослідження показують, що додавання бджолиного меду до 4% підвищує загальну якість ковбас з курячої грудки порівняно з контролем. Дослідження *Nagai et. al. (2006)* підтверджують, що різні види меду мають сильну антиоксидантну та антибактеріальну активність і є поглиначами активних форм кисню, оскільки активність поглинання гідроксильних радикалів була дуже високою у всіх видах меду, зокрема гречаний, квітковий, різнотрав'я (понад 77% інгібування).

Дослідження *Ayoob et. al. (2023)* було проведено з метою вивчення антимікробної та антиоксидантної дії маринування меду на яловичину. Зразки були проаналізовані на вміст вологи, жиру, білка, глікогену, пероксиду, тіобарбітурової кислоти, загальної кількості життєздатних бактерій та загальної кількості коліформних бактерій після маринування з концентраціями меду 0, 10, 20, 30 та 100% та після 1, 4, 8 та 12 днів зберігання (4 °C). Вміст вологи, жиру та білка помірно знизився на 4, 8 та 12-й день зберігання в усіх групах. Вміст глікогену показав значне ($P < 0,05$) збільшення серед груп, за винятком контрольної. Тоді як

значення пероксиду та тіобарбітурової кислоти значно ($P < 0,05$) знизилися в усіх групах, за винятком контрольної, яка показала збільшення. Більше того, загальна кількість життєздатних та коліформних бактерій значно знизилася на 4, 8 та 12 дні зберігання у всіх групах, окрім контрольної. Відповідно, це підтверджує, що мед слугував природним консервантом для зменшення окислення ліпідів та кількості мікробів завдяки своїм антимікробним та антиоксидантним властивостям. Оскільки, він продовжує термін зберігання яловичого м'яса без будь-якого негативного впливу на його якість. Подібні дослідження проводили також *Antony et. al. (2006),* де встановили, що додавання меду підвищило окислювальну стабільність індичого м'яса, про що свідчать нижчі значення тіобарбітурової кислоти, вміст гексаналів та індекс окислювальної стабільності.

За підсумками огляду досліджень в табл. 6.19 сформовано основні корисні властивості меду, як сировини в технології м'ясних снеків.

Таблиця 6.19 Корисні властивості меду, як сировини в технології м'ясних снеків

Користь	Деталізація
Природна антибактеріальна дія	мед знижує загальну кількість мікроорганізмів (у т.ч. кишкова паличка, стафілокок, сальмонела) без потреби в хімічних консервантах
Антиоксидантний ефект	мед гальмує окислення ліпідів, зменшує утворення гідропероксидів, гексаналу та покращує окислювальну стабільність
Покращення фізико-хімічних властивостей	додаючи мед знижується pH, зменшується активність води, прискорюється ферментація та сушіння, покращується структура білка
Біологічна цінність і терапевтичний ефект	мед містить вітаміни, флавоноїди, ферменти, незамінні амінокислоти. впливає на імунітет, метаболізм, нервову систему
Сенсорні покращення	покращення смаку, соковитості, загальної органолептики м'ясних виробів
Подовження терміну зберігання	завдяки антибактеріальній і антиоксидантній дії меду зменшуються втрати під час зберігання

У результаті аналізу наукових джерел та експериментальних даних встановлено високу доцільність використання бджолиного меду як функціонального інгредієнта у виробництві м'ясних снеків. Мед виконує одразу кілька технологічно та біологічно важливих функцій: забезпечує природну антибактеріальну та антиоксидантну дію, стабілізує pH, знижує активність води, подовжує термін зберігання готової продукції, а також підвищує біологічну та поживну цінність м'ясних виробів. Мед має позитивний вплив на сенсорні характеристики снеків, зокрема покращує смак, соковитість і загальну прийнятність продукції. Завдяки багатому складу – наявності вітамінів, амінокислот, ферментів і флавоноїдів – мед сприяє підвищенню функціональної цінності снеків, що дає змогу позиціонувати їх як продукти оздоровчого харчування. Таким чином, додавання меду в рецептури м'ясних снеків дає змогу зменшити або повністю виключити синтетичні консерванти та підсилювачі смаку, що відповідає сучасним тенденціям розвитку харчових технологій і запитам споживачів на натуральні та корисні продукти.

Прополіс як антимікробний компонент. Попри чисельні дослідження, проведені щодо фармацевтичного застосування та хімічного вмісту прополісу, все ще існують труднощі з використанням прополісу в виробництві харчових продуктів. Як зазначають *Segueni et. al. (2023); Pant et. al. (2024),* це пов'язано через величезну невідповідність сировини у зв'язку з географічним походженням, сезоном збору, біоактивними сполуками, загальним складом та автентифікацією ботанічного джерела, що врешті-решт створює труднощі в усьому процесі

розробки стандартизованих рецептур для промислового використання. Водночас прополіс є природним консервантом завдяки його різноманітній біофункціональності з погляду антиоксидантних, антибактеріальних та протигрибкових якостей. Пригнічуючи окислювальні агенти та ріст мікробів, прополіс подовжує термін придатності та поліпшує загальну якість та стабільність харчових виробів. Його можна використовувати, як природну альтернативу штучним консервантам, які можуть мати потенційні загрози для здоров'я.

Прополіс через антибактеріальні властивості може бути ефективним під час лікування різних інфекційних захворювань. Він має здатність зменшувати запалення шкіри та слизових оболонок, сприяючи швидкому загоєнню ран та подразнень. Також в своєму складі містить антиоксиданти, які допомагають боротися зі стресом та захищати клітини від пошкоджень. Ще прополіс має імуномодулюючі властивості – може підтримувати та зміцнювати імунну систему, сприяючи більш ефективному боротьбі зі шкідливими мікроорганізмами. Також він є цінними джерелом біологічно активних речовин. Найбільш природним способом включення прополісу в раціон харчування є додавання його до меду. *Діхтяр та ін. (2022)* встановлено, що після додавання прополісу в аналізованих зразках меду відбулося значне збільшення концентрації поліфенолів в середньому на 11,96 %, а також що додавання екстракту прополісу до меду збільшує вміст поліфенольних сполук, особливо флавоноїдів та фенольних кислот, з найвищими рівнями хризину, піносембрину, п-кумарової та ферулової кислот. Антиоксидантна, антирадикальна та пероксидантна активність концентрованого меду зростала з кожним збільшенням кількості доданого екстракту прополісу.

Прополіс містить майже 200 хімічних речовин: рослинні смоли і бальзами (50–55 %), віск (2–23 %), пилок та інші частки рослин (5–11 %), ефірні олії (5–10 %), дубильні речовини (8–10 %), флавоноїди (понад 19 видів), виділення з верхньощелепних залоз бджіл, 10-окси-D2-деценову кислоту (2–8 %), яка забезпечує, зокрема, антиоксидантні властивості прополісу. Також в складі прополісу наявні: механічні домішки (5–13 %), макро- і мікроелементи (кальцій, калій, натрій, фосфор, залізо, магній, сірка, хлор, фтор, кремній, селен, марганець, цинк, алюміній, барій, титан, нікель, мідь, свинець, кобальт, стронцій, ванадій (хром, олово, берилій, срібло, цирконій тощо). Бензойна кислота, етерифіковані кислоти, ненасичені (олеїнова) і насичені кислоти (пальмітинова, стеаринова, арахідонова, бегенова і лігноцеринова), каротиноїди, вітаміни (С, В1, В2, В3, В5, Е) та інші харчові добавки. Високоякісний прополіс містить до 70 % рослинних смолистих речовин і секретів бджолиних залоз, а низької якості – до 70 % бджолиного воску і пилку. Також у своєму складі прополіс містить: флавони (хризин, гектохризин, лютеолін, апігенін), флавоноли (кверцетин, кемпферол, галантін, рамноцитрин), флавоноли (піносембрін, піностробін), фенольні кислоти (транс-кофеїн, транс-ферулова кислота, корична кислота, ванільна кислота та ін.), терпеноїди (ацетоксибетаїн, бізамінофетаїн, ароматичні альдегіди ізоваліну, бензойної кислоти та ін.). Понад 25 % загального складу прополісу ідентифіковано як флавоноїди, що визначає полівалентність його терапевтичної дії *(Antoniv, 2024; Özer, 2020).*

У виробництві харчових продуктів прополіс використовується переважно в етанолі або водно-етанольній суміші через низький вміст воску та високий вміст біоактивних сполук *(Pobiega et. al., 2019).* Під час експериментальних досліджень *Antoniv (2024)* було встановлено, що водний екстракт прополісу демонструє високу антимікробну активність проти більшості грампозитивних бактерій, з найнижчими мінімальними інгібуючими концентраціями (MIC) для *Enterococcus spp.* і *Bacillus subtilis* (0,25 мг/мл). *Staphylococcus aureus* також чутливий до водного екстракту прополісу з MIC 0,883 мг/мл, що показує ефективність прополісу проти цього поширеного патогену. *Streptococcus agalactiae* вимагає найвищу концентрацію поміж грампозитивних бактерій (2,150 мг/мл). Ефективність проти грамнегативних бактерій водного екстракту прополісу дещо нижча, у порівнянні з грампозитивними, оскільки для *Escherichia coli, Salmonella spp. ma Enterobacter cloacae* MIC складає 2,5 мг/мл. Антигрибкова активність водного екстракту прополісу найкраще виражена проти *Candida krusei* з MIC 1,2 мг/мл. Для таких грибів, як *Candida albicans і Candida parapsilosis* MIC складає 2,5 мг/мл. Отже, водний екстракт прополісу показує значну антимікробну активність проти різних мікроорганізмів,

особливо грампозитивних бактерій і деяких грибів, що підтверджує його потенціал, як природного антимікробного агента.

Прополіс був випробуваний *Tosi et. al. (2007),* як консервант харчових продуктів через його бактерицидні та бактеріостатичні властивості. Крім того, більшість компонентів прополісу є природними складовими харчових продуктів і визнані безпечними речовинами. П'ятнадцять зрізків прополісу були розділені на три групи враховуючи їхні фізико-хімічні характеристики та інгібуючи дію. Мінімальне середнє значення інгібуючої концентрації 14,3 ± 6 мг розчинних сполук/мл найактивнішого прополісу було здатним інгібувати клітинну концентрацію 105 КУО/мл. Такий екстракт містив 32,31% загальної кількості розчинних сполук (2,1% кумарової + сирингової кислот, 5,16% кверцетину, 0,47% апігеніну, 8,15% галангіну, 7,2% кавової кислоти + кризину та 9,23% неідентифікованих фенольних сполук). Для протестованих зразків прополісу не вдалося встановити єдине значення мінімальної інгібуючої концентрації. Ці значення сильно залежали від складу прополісу та ботанічного походження. Водночас, як зазначають *Irigoiti et. al. (2007); Tumbarski et. al. (2022)* незважаючи на відмінності в хімічному складі прополісу з усього світу, всі вони демонструють антиоксидантну та фармакологічну активність, що робить прополіс корисним натуральним продуктом для включення до харчових продуктів як функціонального інгредієнта.

Gedikoğlu (2022) вивчали антибактеріальну та антиоксидантну активності водного екстракту прополісу, який доступний на ринку в аналізах *in vivo* та оцінювали його вплив на збереження сирих яловичих фрикадельок, аеробно упакованих та які зберігали за температури 4ºC впродовж 7 днів. Результати показали, що екстракт прополісу продемонстрував найвищу антибактеріальну активність проти *Staphylococcus epidermidis* в тесті *in vivo*. Крім того, фрикадельки, приготовані з екстрактом прополісу, мали триваліший термін зберігання, порівняно зі звичайними фрикадельками. Крім того, екстракт прополісу був дуже ефективним природним антиоксидантним агентом для контролю окислювальних змін у фрикадельках. Оброблення прополісом забезпечило зниження утворення малонового діальдегіду на 64,6% в останній день зберігання. Значення яскравості кольору та жовтизни фрикадельок не зазнали впливу обробки прополісом, різниця спостерігалася лише в значеннях почервоніння. pH фрикадельок, приготованих з екстрактом прополісу, майже залишався постійним впродовж зберігання, тоді як pH контрольних зразків фрикадельок збільшився. Відповідно за результатами дослідження, можна зробити висновок, що прополіс варто використовувати в рецептурах м'ясних продуктів для покращення їх збереження.

Mahdavi-Roshan et. al. (2022) було запропоновано використовувати прополіс, як натуральний консервант для курячого кебабу. Відповідно для маринування курячої грудки використовували різний вміст екстракту прополісу (0,4, 8 та 12%). Впродовж 12 днів зберігання за температури 5°C оцінювали загальну кількість дріжджів та пліснявих грибів, золотистий стафілокок та кишкову паличку, pH, загальний леткий азот, параметри текстури та сенсорні характеристики зразків. Швидкість росту шкідливої мікрофлори під час зберігання за 5°C знижувалася зі збільшенням концентрації екстракту прополісу у зразках. Сенсорний аналіз показав, що зміни запаху у зразках, що містили екстракт прополісу, були повільнішими, ніж у контролі. Загалом, зразки, що містили екстракт прополісу, демонстрували менші зміни параметрів якості текстури впродовж усього часу зберігання.

Вплив екстракту прополісу на стабільність м'яса для бургерів під час зберігання за температури -15 °C описували *Reis et. al. (2017).* Окислювальну стабільність бургерів оцінювали за збільшенням вмісту малональдегіду (MDA) у день обробки та щотижня впродовж 28 днів зберігання в замороженому вигляді. Після 14 днів зберігання окиснення ліпідів було пригнічено завдяки додаванню екстракту прополісу. Так, екстракт прополісу (0,95 мг MDA кг−1 м'яса) забезпечив більшу ліпідну стабільність, аніж еріторбат натрію (1,20 мг MDA кг−1 м'яса). М'ясо для бургерів, що містило екстракт прополісу, показало нижчі за ідеальну шкалу оцінки за запахом та смаком і близькі до ідеальних оцінки за кольором, зовнішнім виглядом та текстурою. За результатами досліджень, встановлено, що екстракт

прополісу має корисні характеристики та відкриває перспективи для його застосування як натурального інгредієнта в м'ясі для бургерів.

Також залежно від географічного походження, функціональний профіль сполук прополісу значно варіюється. *Marzooqi et. al. (2025)* у власному дослідженні оцінювали фенольну, флавоноїдну, антиоксидантну та антимікробну активність екстрактів прополісу, отриманих з чотирьох різних географічних регіонів Об'єднаних Арабських Еміратів (ОАЕ). Екстракти прополісу водночас використовували як добавку до бургерів з яловичого фаршу, щоб продемонструвати їхню природну консервуючу дію для збільшення терміну придатності та збереження якості. Так, термін придатності м'ясних бургерів, збагачених екстрактом прополісу був збільшений майже на 9 днів порівняно з контрольними зразками в умовах охолодженого зберігання. Ці збагачені рецептури також продемонстрували значний рівень пригнічення проти *Escherichia coli* та *Salmonella senftenberg* після 15 днів зберігання. Отримані результати свідчать про те, що прополіс з різних регіонів ОАЕ має хороші антиоксидантні та антимікробні властивості та може бути безпечно використаний для покращення терміну придатності продуктів з яловичого фаршу.

Незважаючи на корисні властивості прополісу, незначним недоліком є його змінний хімічний склад, що призводить до необхідності його стандартизації, масштабування виробництва та досягнення схвалення споживачами. Як зазначають *Pobiega et. al. (2019)* значною проблемою для промисловості залишається правильне приготування екстрактів прополісу та вибір дози відповідно до продукту, щоб дія прополісу була ефективною, а сенсорні властивості продукту залишалися незмінними. В табл. 6.20 наведено порівняння прополісу та синтетичних консервантів для використання в технології м'ясних снеків.

Підсумовуючи, прополіс є перспективним компонентом для використання у виробництві м'ясних снеків оздоровчого призначення. Його застосування дасть змогу створювати продукти з продовженим терміном зберігання, покращеними органолептичними властивостями та підвищеною функціональною цінністю, що задовольняє сучасні вимоги харчової безпеки та споживчі очікування.

Таблиця 6.20 Порівняння прополісу та синтетичних консервантів

Показник / Властивість	Прополіс (натуральний інгредієнт)	Синтетичні консерванти (натрію нітрит, триполіфосфат)
Походження	натуральний продукт бджільництва	штучні речовини
Антимікробна дія	висока (особливо проти грам+ бактерій і дріжджів)	висока
Антиоксидантна дія	висока (завдяки поліфенолам, флавоноїдам, кислотам)	обмежена / штучна
Стабілізація pH, кольору, аромату	підтверджена (без негативних сенсорних змін)	може викликати неприємний присмак або запах
Вплив на термін зберігання	збільшує до 7–9 днів у холодильному або замороженому зберіганні	залежить від типу, часто потребує комбінацій
Безпечність для здоров'я	висока, натуральний, низький ризик алергічних реакцій	можливі алергії, канцерогенність за надмірного споживання
Регуляторний статус	вимагає стандартизації та адаптації дозування	широко регламентовані
Органолептичні характеристики продукту	покращення смаку, соковитості, аромату при оптимальних дозах	можуть погіршуватись через передозування
Функціональні властивості	імуномодулюючі, загоювальні, противірусні	відсутні

За умови стандартизації – це ефективний шлях до створення інноваційної м'ясної продукції без синтетичних добавок. У межах розроблення технології оздоровчих м'ясних снеків прополіс виявляється ефективним натуральним інгредієнтом, що поєднує антиоксидантні, антимікробні та імуномодулюючі властивості. Його застосування дає змогу відмовитися від синтетичних консервантів, забезпечуючи підвищену стабільність, безпечність і функціональну цінність готового продукту. Дослідження засвідчили здатність прополісу знижувати ріст патогенної мікрофлори (*Staphylococcus spp., E. coli, Salmonella spp*.), уповільнювати окиснення ліпідів, а також стабілізувати pH, колір, текстуру й органолептичні характеристики. Використання прополісу у вигляді водного або водно-етанольного екстракту особливо перспективне в умовах виробництва снеків з тривалим терміном зберігання. Основною проблемою залишається варіативність хімічного складу прополісу, що потребує його стандартизації та адаптації під конкретні технологічні умови. Однак з урахуванням зростаючого попиту на натуральні продукти, прополіс є перспективним функціональним інгредієнтом у сучасних харчових технологіях.

Бджолине обніжжя як функціональна добавка. Сьогодні попит на бджолине обніжжя, як на натуральну харчову добавку зростає завдяки його високій харчовій цінності та незамінним властивостям для здоров'я, що сприяє його використанню в харчовій промисловості *(Kostić et al., 2015; Camacho-Bernal et al., 2021).* Бджолине обніжжя є джерелом поживних речовин та біоактивних сполук. За твердженням *Kaur et. al. (2024)* його можна додавати до різних харчових продуктів для розроблення функціональних продуктів. Харчові та біоактивні компоненти бджолиного обніжжя сприяють його широкій користі для здоров'я, включаючи його роль у боротьбі з раком, діабетом, захворюваннями печінки, серцево-судинними розладами тощо. Крім того, 50 г бджолиного обніжжя достатньо для задоволення 50% рекомендованої добової норми споживання більшості вітамінів та мінералів. Загалом, використання бджолиного обніжжя є перспективним для подолання різних дефіцитів поживних речовин.

Бджолине обніжжя містить широкий спектр поживних елементів, зокрема білки, вуглеводи, ліпіди та харчові волокна, а також біоактивні мікроелементи, зокрема вітаміни, мінерали, фенольні та леткі сполуки. Завдяки такому високоякісному складу, цей продукт набуває популярності як функціональний харчовий продукт. *Ghouizi et. al. (2023)* провели дослідження, щоб показати та встановити його терапевтичний потенціал для медичного та харчового застосування. Водночас, через значну мінливість його складу, на яку впливає кілька чинників, застосування бджолиного пилку у харчових технологіях залишається досить обмеженим. Так, залежно від виду квітки, географічного походження та умов навколишнього середовища, бджолине обніжжя буває різних форм, розмірів, кольорів та ваги і може продаватися як у свіжому, так і в сушеному вигляді. Потенціал бджолиного обніжжя як функціонального харчового продукту або сировини для харчових продуктів залежить від його фізичних, функціональних, теплових та текстурних властивостей. Знання фізичних властивостей обніжжя є важливим для оптимізації обладнання для правильного поводження, сортування та класифікації, сушіння та його зберігання *(Thakur and Nanda, 2020).*

Бджолине обніжжя визнано чудовою харчовою добавкою для харчування людини, тому його можна знайти на ринку в різних формах (гранули, капсули, таблетки та порошки) *(Kostić et al., 2020).* Середній вміст поліфенолів в обніжжі становить близько 1,6% (1,6 г/100 г) *(Komosinska–Vassev et al., 2015),* що визначає його як чудове джерело біологічно активних сполук. Серед зазначених поліфенолів 1,4% становлять флавоноїди, найпоширенішими якими є кверцетин, кемпферол та ізорамнетин, а також їхні похідні. Крім того, в обніжжі є кілька різних флавоноїдних глікозидів, які є важливими хемотаксономічними маркерами *(Tomás-Barberán et al., 1989).* Як нутрицевтики, всі поліфеноли, що містяться в обніжжі, є важливими протиракovими агентами, також з'являється все більше досліджень, які показують важливість флавоноїдів у боротьбі з хворобою Паркінсона *(Kostić et al., 2020).* Також бджолине обніжжя

може бути використане як джерело селену (Se). Середній вміст Se у пилку становить близько 0,02% (0,02 г/100 г).

Бджолине обніжжя містить до 0,7% (0,7 г/100 г) різних ліпофільних (вітаміни А та Е) та гідрофільних вітамінів (вітаміни групи В та вітамін С). Також в ньому містяться антиоксидантні вітаміни А, Е та С, що було визначено в зразках свіжого обніжжя, зібраного в Туреччині: 22,0–53,7 мкг/г (вітамін А), 180,0–340,7 мкг/г (вітамін Е) та 304,3–768,3 мкг/г (вітамін С) *(Alayunt et al., 2013).* Обніжжя зібране в Бразилії містило від 14 до 119 мкг/г та від 19,4 до 43,0 мкг/г вітамінів С та Е відповідно *(Melo and Almeida-Muradian, 2010).* Обніжжя зібране в Україні містило в своєму складі вітамін В5 (нікотинова кислота – РР) – 200 мкг, В8 (пантотенова) – 30-50 мкг, В6 (фолієва) – 5,0 мкг, В2(рибофлавін) – 18,5 мкг, В1 (тіамін) – 9,2 мкг на 1 г пилку. Є також вітамін С (аскорбінова кислота) – 70-150 мкг, Р (рутин), А, Д, Е та ін.

Результатами дослідження *Antoniv (2024)* щодо визначення вмісту жирних кислот в поліфлорному бджолиному обніжжі встановлено домінування ненасичених жирних кислот. Гама-ліноленова кислота має найвищу масову частку поміж всіх жирних кислот, що складає 292,2±0,3 г·кг-1. Олеїнова кислота також займає значну частку, складаючи 123,2±0,24 г·кг-1. Наявність інших важливих поліненасичених жирних кислот складає – лінолева кислота (80±0,3 г·кг-1) та альфа-ліноленова кислота (4,9±0,1 г·кг-1), вони є незамінними жирними кислотами. Ейкозадієнова кислота (7,2±0,16 г·кг-1) та ейкозапентаєнова кислота (7,1±0,19 г·кг-1) також присутні, що додатково покращує харчову цінність обніжжя. Пальмітинова кислота (138,1±0,31 г·кг-1) та стеаринова кислота (29,5±0,22 г·кг-1) є найбільш представленими поміж насичених жирних кислот. Хоча насичені жири у великій кількості можуть мати негативний вплив на здоров'я, помірний вміст таких кислот у складі обніжжя є нормальним і важливим для збалансованого харчування. Поліфлорне бджолине обніжжя також містить інші важливі жирні кислоти, такі як арахідонова кислота (5,9±0,1 г·кг-1), ейкозатрієнова кислота (1±0,1 г·кг-1), бегенова кислота (18,0± 0,11 г·кг-1). Таким чином, поліфлорне бджолине обніжжя є багатим джерелом як ненасичених, так і насичених жирних кислот, що робить його цінним компонентом у харчуванні завдяки його багатогранним корисним властивостям.

Один зі способів включення бджолиного обніжжя, як сировини для виробництва харчових продуктів, це додавання його для збагачення складу яловичого бургера. *Heldt et al., (2019)* було досліджено вплив додавання бджолиного обніжжя до яловичого бургера на окислювальну стабільність, антиоксидантні властивості, хімічний склад та вміст вітамінів. Антиоксидантна активність бджолиного обніжжя, визначена методами поглинання радикалів DPPH (2,2-дифеніл-1-пікрилгідразил) та β-каротин-лінолевої кислоти, була високою. Переважаючими мінералами в бджолиному обніжжі були Mg, а також Ca, K та Mn. Бджолине обніжжя є також багатим на вітамін В6 (4,96 мг/100 г бджолиного обніжжя), а концентрації вітамінів В1 та В2 становили 0,74 мг/100 г та 0,78 мг/100 г відповідно. Яловичі бургери, що містили бджолине обніжжя, пригнічували окислення ліпідів на 31,78% наприкінці експерименту. Таким чином, сильний антиоксидантний ефект та висока поживна цінність бджолиного обніжжя свідчать про його потенційне застосування у виробництві харчових продуктів.

Turhan et al., 2014 досліджували харчову цінність та якість зберігання фрикадельок, виготовлених з різним вмістом (0, 1,5, 3,0, 4,5 та 6,0%) бджолиного обніжжя. Вміст білка у фрикадельках збільшувався, тоді як вміст вологи зменшувався зі збільшенням вмісту обніжжя. Його додавання покращило втрати жиру під час приготування, але зменшило почервоніння (значення Хантера α) та сенсорні оцінки. Додавання бджолиного обніжжя впливало на текстурні параметри (твердість, пружність, клейкість), а значення твердості та клейкості фрикадельок зменшувалися зі збільшенням вмісту обніжжя. Водночас вміст С18:0 у фрикадельках дещо зменшувався з додаванням обніжжя, вміст С18:2n-6c, С18:3n-3, С20:5n-3 та поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) збільшувався. Співвідношення ПНЖК/насичених жирних кислот (P/S) збільшувалося з 0,05 у контролі до 0,09 у фрикадельках з 6,0% обніжжя. Співвідношення n-6/n-3 зменшилося з 11,84 у контролі до 3,65 у фрикадельках з 6,0% обніжжя.

Додавання обніжжя уповільнило окислення ліпідів та пригнічувало ріст бактерій у фрикадельках. Показники pH, почервоніння, значення TBA та загальна кількість аеробних мезофільних бактерій, коліформних бактерій та золотистого стафілокока значно змінювалися під час зберігання. Результати свідчать про те, що бджолине обніжжя можна додавати для покращення харчової якості та якості фрикадельок під час зберігання з мінімальними змінами складу та/або сенсорних властивостей.

Park et al., 2024 досліджували вплив бджолиного обніжжя доданих до свинячих котлет, на фізико-хімічні характеристики та зберігання. У дослідженні аналізували хімічний склад, pH, вологоутримуючу здатність, втрати під час варіння, текстурний профіль та сенсорні властивості щодо якості котлет. В результаті котлети з додаванням бджолиного обніжжя демонстрували кращу вологоутримуючу здатність та втрати під час варіння, ніж ті, що з додаванням аскорбінової кислоти. Додавання бджолиного обніжжя покращило активність поглинання радикалів та леткий основний азот впродовж 7 днів зберігання. Однак, коли до котлет додавали прополіс та маточне молочко, смак погіршувався через їхній унікальний аромат та смак. Отримані авторами результати свідчать про те, що продукти бджільництва можна використовувати як добавки в котлетах, але варто враховувати поєднання в рецептурі.

Метою дослідження *Novaković et al. (2021)* було визначити, чи впливає додавання різної концентрації бджолиного обніжжя (0,0, 0,5, 1,0 та 1,5 г/100 г) до сосисок на антиоксидантний потенціал та окислювальні зміни під час зберігання, без негативного впливу на якість ковбас. Після холодного зберігання сосисок було досягнуто значного зниження популяцій психротрофних бактерій за більшої кількості бджолиного обніжжя (1,0 та 1,5 г/100 г). Додавання обніжжя до сосисок забезпечує стабільне зберігання продуктів впродовж 60 днів охолодженого зберігання, навіть якщо в рецептурі не використовувалися штучні антиоксиданти. Більше того, зі збільшенням кількості обніжжя в ковбасах, до кінця процесу жування переважають квіткові та соковиті відчуття, що може бути привабливим для потенційних споживачів.

Встановлено, що додавання бджолиного обніжжя спільно з медом на прополісом до снеків з м'яса курятини призводить до збільшення вмісту омега-3 на 2,6–3,3 разів у порівнянні до контролю та поліненасичених жирних кислот з 79,7% до 86%. Отримані результати дають змогу розглядати м'ясні снеки з додаванням продуктів бджільництва як такі, що мають позитивний вплив на здоров'я. Зниження відношення омега-6 до омега-3 з 10,2 у контролі до 5,15–7,03 у дослідних зразках, підтверджує покращення балансу жирних кислот, що може сприяти зменшенню запальних процесів і покращенню здоров'я. Доведено зниження вмісту насичених жирних кислот від 28,05% до 31,06% у порівнянні до контролю, що є бажаним з погляду здоров'я серцево-судинної системи. Встановлено незначні позитивні зміни вмісту мононенасичених жирних кислот. У загальному спостерігали поліпшення жирнокислотного складу м'ясних снеків з додаванням продуктів бджільництва (бджолиного обніжжя, меду, та прополісу) *(Antoniv[2],2024).*

Бджолине обніжжя є багатокомпонентною функціональною харчовою добавкою з високим потенціалом для використання у виробництві харчових продуктів, зокрема м'ясних снеків. Його унікальний склад включає білки, ненасичені жирні кислоти, вітаміни (A, E, C, групи B), мінерали (Mg, Ca, K, Mn, Se), поліфеноли (до 1,6%), флавоноїди (близько 1,4%) та інші біоактивні речовини. Завдяки цьому бджолине обніжжя проявляє потужну антиоксидантну, антибактеріальну, імуномодулюючу та нутрицевтичну активність, позитивно впливаючи на профілактику серцево-судинних, метаболічних і нейродегенеративних захворювань.

У харчових технологіях бджолине обніжжя демонструє ефективність як природний антиоксидант, інгібітор окислення ліпідів та консервант, покращуючи збереження, харчову цінність та жирнокислотний склад готових виробів. Додавання обніжжя до різних м'ясних продуктів (бургери, фрикадельки, котлети, ковбаси, снеки) зменшує вміст насичених жирних кислот, підвищує частку омега-3 і ПНЖК, покращує P/S співвідношення та сенсорні характеристики.

Попри значну варіативність складу, зумовлену ботанічним і географічним походженням, обніжжя є ефективним інгредієнтом для збагачення харчових систем, зокрема завдяки високій сумісності з м'ясною сировиною. Його використання є актуальним для розроблення функціональних продуктів із доданою біологічною цінністю, у тому числі снеків зі зниженим ризиком для серцево-судинної системи. В табл. 6.21 наведено порівняння ефектів додавання бджолиного обніжжя до м'ясних продуктів.

Таблиця 6.21 Порівняння ефектів додавання бджолиного обніжжя до м'ясних продуктів

Вид продукту	Вміст бджолиного обніжжя	Основні позитивні ефекти	Джерело
Яловичий бургер	1–3%	+31,8% антиокс. активність, вітаміни B1–B6, зниження ліпідного окислення	*Heldt et al., 2019*
Фрикадельки	1,5–6,0%	↑білок, ↓волога, ↑ПНЖК, ↓n-6/n-3, ↓окислення ліпідів, ↓бактеріальне забруднення	*Turhan et al., 2014*
Свинячі котлети	1–2%	↑вологоутримання, ↓втрати при варінні, ↑антиоксидантна активність, без негативу на сенсорику	*Park et al., 2024*
Сосиски	0,5–1,5 г/100 г	↓психротрофна мікрофлора, ↑тривалість зберігання, покращення смаку (квіткові нотки)	*Novaković et al., 2021*
М'ясні снеки з курятини	з медом і прополісом	↑омега-3 у 2,6–3,3 раза, ↑ПНЖК до 86%, ↓насичених жирів, ↓n-6/n-3 до 5,15	*Antoniv², 2024*

Впровадження бджолиного обніжжя до рецептур м'ясних продуктів дає змогу розробити нову категорію функціональних снеків з антиоксидантною та нутрицевтичною цінністю, що відповідає зростаючим запитам споживачів на здорові (корисні) та натуральні продукти.

6.2.3 Особливості технології оздоровчих м'ясних снеків. Запропонована удосконалена технологія з детальним оглядом процесу та етапів виробництва.

Підготовлення сировини. Продукти бджільництва, як і будь-яка інша сировина потребують спеціального підготовлення перед застосуванням у виробництві харчових продуктів. Мед, бджолине обніжжя та прополіс є унікальними природними інгредієнтами, що мають високу біологічну цінність та численні корисні властивості. Вони мають антиоксидантні, протимікробні та імуномодулюючі властивості, відповідно є необхідність зберегти ці властивості та використати їх, зокрема у створенні оздоровчих продуктів. Процес підготовлення продуктів бджільництва до використання у харчовій промисловості включає декілька важливих етапів, таких як стандартизація, очищення, контроль якості та забезпечення безпечності. Правильна підготовка гарантує збереження корисних властивостей продукту та відповідність нормативним вимогам. Дотримання вимог є критично важливим для забезпечення якості, як комплексного показника кінцевого харчового продукту.

Мед, зі своєю приємною солодкістю та антиоксидантними властивостями, може значно покращити смакові характеристики та зберігання снеків. Прополіс, завдяки своїм антимікробним властивостям, сприяє збереженню якості та запобігає розвитку патогенних мікроорганізмів. Бджолине обніжжя, з високим вмістом білка та мікроелементів, підвищує харчову цінність та забезпечує додаткові корисні властивості для споживачів. Його застосування у виробництві харчових продуктів, зокрема м'ясних снеків дає змогу підвищити їхню поживну цінність та створити функціональні продукти для підтримки здоров'я. Таким

чином, ретельне оцінювання та підготовлення цих компонентів гарантує, що кінцевий продукт буде не тільки смачним, але й корисним та безпечним.

Важливим показником якості меду є вміст вологи. Він має бути в межах допустимих норм (не вище 21 %), це свідчитиме про його стабільність і придатність для тривалого зберігання без ризику бродіння. Найзручніше під час виробництва м'ясних снеків використовувати мед, коли він у рідкому (сироподібному) стані. Відповідно, це може бути свіжовикачаний мед або мед, який ще не закристалізувався. Допускається також використовувати закристалізований мед, але його спочатку потрібно декристалізувати за температури не вище 40–42°C постійно помішуючи до повного розчинення. Важливо уникати перегріву меду для збереження активності ферментів та запобігання утворенню ГМФ (гідроксиметилфурфуролу). Окрім того, у харчових технологіях бажано використовувати сорти меду без сильно вираженого смаку та запаху, для забезпечення оптимальних органолептичних властивостей готового продукту. Рекомендовано використовувати поліфлорні сорти меду, соняшниковий або ріпаковий. Дозволено також одночасно використовувати різні сорти меду, попередньо змішавши їх між собою (гомогенізація). За такої умови в суміші меду має переважати соняшниковий мед чи різнотрав'я (не менше 50 %). Додатково застосовують фільтрацію через спеціальні фільтри з харчової сталі для видалення воску та інших твердих домішок притаманних меду (природного походження). Мед потрібно зберігати за температури від +5°C до +25°C у закритих контейнерах із нержавіючої сталі або харчового пластику, що запобігає контакту з вологістю та світлом.

Бджолине обніжжя у виробництві м'ясних снеків попередньо має бути висушене, вміст вологи у межах 7-10 %. Висушування можна здійснювати за температури до 42°C конвекційним або інфрачервоними методом для уникнення окиснення та ферментації. Це гарантує тривале його зберігання, а також забезпечення необхідних технологічних параметрів під час виробництва харчових продуктів. Якщо для виробництва снеків використовуються тільки сухі компоненти, то бджолине обніжжя попередньо необхідно подрібнити до порошкоподібного стану. Використання його спільно з рідкими компонентами не потребує подрібнення. Під час зберігання необхідно забезпечити герметичність пакування бджолиного обніжжя у місцях без сторонніх та захищених від світла.

Прополіс у природньому (нативному) вигляді не застосовують у виробництві м'ясних снеків. Адже він є дуже концентрованим, також важко забезпечити рівномірне поширення за всією масою продукту та отримання заданих властивостей готових снеків. Тому під час виробництва снеків прополіс використовують у вигляді водного екстракту. Водний екстракт прополісу виготовляють шляхом вилучення біологічно активних речовин прополісу у водному середовищі. Перед обробкою, прополіс очищують шляхом видалення воску та механічних домішок типових для прополісу (вуликове сміття, частки рамок та тіла бджіл) з використанням термічного способу. За потреби прополіс подрібнюють. Чим менші частки прополісу, тим ефективнішим буде проходити процес екстракції. Підготовлений прополіс додають до очищеної води у різних співвідношеннях залежно від бажаної концентрації. Екстракцію проводять впродовж 6-12 годин з періодичним перемішуванням та нагріванням +40…+60°C в закритій ємкості без доступу кисню. Після екстракції суміш фільтрують для видалення твердих залишків прополісу. Повторна фільтрація забезпечує чистоту екстракту та видалення дрібних твердих частинок. За потреби, екстракт можна випарити до вищої концентрації. Готовий екстракт розливають у герметичні скляні флакони темного кольору для захисту від світла. Зберігають у прохолодному темному місці за температури +4...+10°C впродовж року.

Підготовка меду, бджолиного обніжжя та прополісу до використання у виробництві м'ясних снеків загалом передбачає їхнє очищення, подрібнення, стандартизацію та стабілізацію. Ці етапи забезпечують збереження біологічно активних речовин та покращують органолептичні властивості кінцевого продукту. Використання продуктів бджільництва у м'ясних снеках сприятиме підвищенню харчової цінності, формуванню унікальних смакових композицій та функціональних властивостей.

Технологічний процес виробництва м'ясних снеків. Технологічна схема виробництва м'ясних снеків представлена на рис. 6.16 і включає такі процеси: механічні (подрібнення, перемішування) – нарізання м'яса, змішування сировини; термічні (нагрів, охолодження) – декристалізація меду, охолодження готових снеків; масообміні (маринування, сушіння) – маринування та сушіння м'яса.

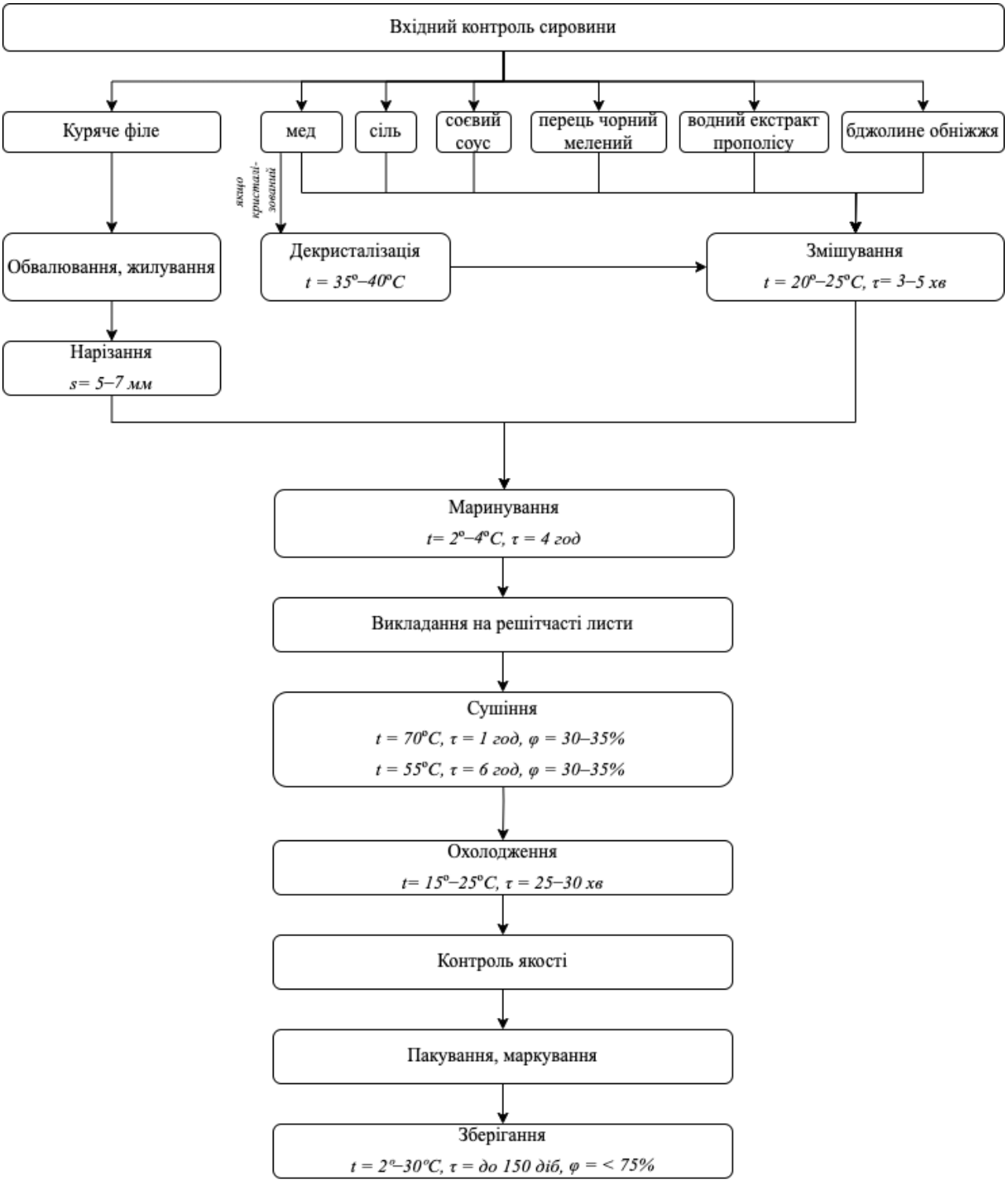


Рисунок 6.16 Технологічна схема виробництва м'ясних снеків

Згідно з рис. 6.16 перед початком виробництва здійснюється перевірка якості всієї сировини. Це забезпечує високий рівень відповідності нормативним вимогам. Під час підготовлення курячого філе здійснюється видалення жил та залишкових хрящів і кісток, що

мінімізує втрати на наступних етапах. Потім м'ясо нарізають на шматки товщиною 5–7 мм, що сприяє рівномірному просоченню маринадом і зменшенню часу сушіння. За необхідності мед нагрівають до температури 35–40°С (декристалізують), що дає змогу зберегти його біологічно активні компоненти. На наступному етапі відбувається змішування сировини для маринаду. Усі компоненти змішуються за температури 20–25°С впродовж 3–5 хвилин, що знижує енерговитрати порівняно з тепловою обробкою. Далі шматки курятини занурюють у маринад за температури 2–4°С впродовж 4 годин.

Мариновані шматки рівномірно розподіляють на решітках для забезпечення ефективного сушіння. Сушіння відбувається в два етапи: перший етап за температури 70°С впродовж 1 години (швидке видалення поверхневої вологи, активація ферментів, прогрів м'яса за всією товщою); другий етап за температури 55°С впродовж 6 годин із підтримкою вологості 30–35%. Цей етап забезпечує енергоефективне зневоднення без перегрівання продукту. Після сушіння продукт охолоджують до температури 15–25°С впродовж 25–30 хвилин для стабілізації структури та збереження якості. Далі проводять оцінювання фізико-хімічних показників, органолептичних властивостей та мікробіологічної безпечності. Для пакування та маркування використовують герметичні матеріали, які забезпечують тривалий термін зберігання. Готовий продукт зберігають за температури 2–30°С до 120 діб за відносної вологості ≤75%. Під час виробництва м'ясних снеків використовуються низькотемпературні процеси та оптимізація етапів сушіння дає змогу зменшити енерговитрати. Декристалізація меду за низьких температур сприяє збереженню його корисних властивостей без зайвого використання енергії. Етапи сушіння із поступовим зниженням температури є оптимальними з точки зору енергозбереження. Загалом технологічна схема спрямована на забезпечення якісного кінцевого продукту із мінімальним використанням енергії, що підвищує конкурентоспроможність продукту на ринку.

Відповідно до представленої технологічної схеми виробництва м'ясних снеків технологічне оснащення виробництва включає шпигорізку, декристалізатор, міксер, фаршмішалку, холодильні камери, дегідратор, ваги, фасувальну машину, вакууматор, стікерувальну машину.

Основними вимогами до технології виробництва оздоровчих м'ясних виробів є: *висока якість сировини* – використання м'яса із сертифікатами походження; *функціональність* – збагачення натуральними добавками, такими як мед, прополіс, бджолине обніжжя специї; *технологічні параметри* – збереження поживних речовин через щадливе оброблення (сушіння, ферментація); *натуральність* – заміна синтетичних консервантів на природні.

Визначення харчової цінності м'ясних снеків з додаванням продуктів бджільництва має велике значення для оцінювання їхньої поживної цінності та корисного впливу на здоров'я людини, оскільки надає відомості про вміст білків, жирів, вуглеводів, солі, калорійності та енергетичну цінність. Це також відіграє важливу роль у забезпеченні відповідності продукту стандартам якості та безпеки, що є надзвичайно важливим для збереження довіри споживачів. Крім того, аналіз харчової цінності дає змогу виробникам покращити конкурентоспроможність продукту на ринку, демонструючи його унікальні особливості. Харчову цінність м'ясних снеків з додаванням продуктів бджільництва подано у табл. 6.22.

Таблиця 6.22 Інформаційні дані про харчову та енергетичну цінність на 100 г

Показник	Значення
Білки, г	62
Жири, г з них насичені, г ненасичені, г	1,59 0,32 1,27
Вуглеводи, г	3,0
Сіль, г	1,6
Калорійність, ккал	274,3
Енергетична цінність, кДж	1164

М’ясні снеки вироблені з додаванням продуктів бджільництва мають калорійність 274,3 ккал та енергетичну цінність 1164 кДж, що забезпечує достатньо енергії без надмірного калорійного навантаження. Таким чином, снеки з курячого філе з додаванням продуктів бджільництва є високопротеїновим, низькожировим продуктом з помірним вмістом вуглеводів і солі, що робить їх корисними і збалансованим варіантом для споживачів, які прагнуть підтримувати здоровий спосіб життя.

Визначення терміну придатності м’ясних снеків. Кислотне та пероксидне числа є індикаторами свіжості та якості жирів. Кислотне число є показником гідролізу жирів, який відбувається під час розпаду тригліцеридів на вільні жирні кислоти. Високе кислотне число може вказувати на початкову стадію псування жирів. Пероксидне число вимірює кількість пероксидів, які є первинними продуктами окислення жирів. Високе пероксидне число свідчить про окислення жирів, що може призвести до прогіркання та погіршення смаку і аромату продукту. Проведення цих тестів на початковому етапі виробництва або зберігання дає змогу встановити базовий рівень якості продукту. Це дозволяє порівнювати подальші зміни в продуктах впродовж їхнього терміну придатності. Окислення жирів та підвищення кислотного числа можуть створювати сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. Високий рівень вільних жирних кислот та пероксидів може стимулювати ріст певних бактерій і грибів. Таким чином, визначення кислотного та пероксидного числа на початковому етапі є необхідним кроком для забезпечення безпечності та якості м’ясних снеків, а також для планування мікробіологічних досліджень і подальшого контролю продукту. Зміни кислотного та пероксидного числа м’ясних снеків наведено в табл. 6.23.

Таблиця 6.23 Зміни кислотного і пероксидного числа м’ясних снеків впродовж зберігання, КОН/г (n=5)

Термін зберігання	Кислотне число		Пероксидне число	
	контроль[1]	снеки з ПБ[2]	контроль[1]	снеки з ПБ[2]
1 доба	0,37 ± 0,09	0,31 ± 0,07	0,19 ± 0,01	0,18 ± 0,01
6 діб	0,42 ± 0,15	0,34 ± 0,1	0,24 ± 0,04	0,21 ± 0,01
60 діб	0,91 ± 0,3	0,72 ± 0,08	1,06 ± 0,06	0,81 ± 0,03
150 діб	1,4 ± 0,15	1,31 ± 0,11	1,62 ± 0,16	1,45 ± 0,09

Примітка: *контроль: 1 – м’ясні снеки без додавання продуктів бджільництва; 2 – продукти бджільництва.*

Як видно з табл. 6.23 контрольні зразки демонструють поступове збільшення кислотного числа з 0,37 до 1,4 впродовж 150 діб. Це вказує на значне накопичення вільних жирних кислот через окислення жирів. Снеки з продуктами бджільництва мають нижчі значення кислотного числа, це вказує на те, що додавання меду, водного екстракту прополісу та бджолиного обніжжя може ще більше покращити антиоксидантні властивості продукту, знижуючи рівень окислення жирів.

За короткострокового зберігання (1 і 6 діб) всі зразки мають низьке і стабільне пероксидне число, що свідчить про відсутність значного окислення жирів. За середньострокового зберігання (60 діб) пероксидне число помітно зростає у всіх зразках, водночас в снеках з продуктами бджільництва значення нижче. За довгострокового зберігання (150 діб) знову спостерігається підвищення пероксидного числа у всіх зразках. Контроль має найвище значення (1,62 ± 0,16), тоді як зразки з ПБ демонструє нижчі показники. Отже, використання меду, водного екстракту прополісу та бджолиного обніжжя позитивно впливає на зниження рівня окислення жирів у м’ясних снеках, що сприяє подовженню терміну їхньої придатності та збереженню якості. Отримані дані допомагають розробити оптимальні умови зберігання для продовження терміну придатності продукту.

Дослідження мікробіологічних показників м’ясних снеків є важливою частиною оцінювання їхньої якості та безпечності для споживачів. Мікробіологічний аналіз включає

визначення кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, коліформних бактерій, стафілококів, сальмонели, плісняви і дріжджів. Високий рівень цих мікроорганізмів може свідчити про низьку якість продукту, порушення технологічного процесу або умов зберігання. Регулярний мікробіологічний контроль допомагає гарантувати безпечність харчових продуктів, запобігати харчовим отруєнням та інфекціям. Результати мікробіологічного дослідження м'ясних снеків впродовж зберігання наведено в табл. 6.24.

Таблиця 6.24 Мікробіологічні показники м'ясних снеків впродовж зберігання

Показник	Контроль[1]	Снеки з ПБ[2]
1 доба		
БГКП (коліформи)	відсутні	
КМАФАнМ, КУО/г г	$1{,}3\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{1}$
Плісеневі гриби, КУО/г не більше	$1{,}0\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{1}$
Дріжджі, КУО/ г, не більше	відсутні	
Staphylococcus aureus	відсутні	
Патогенні мікроорганізми, в т.ч бактерії роду *Salmonella*	відсутні	
Clostridium (сульфітредукувальні клостридії)	відсутні	
6 діб		
БГКП (коліформи)	відсутні	
КМАФАнМ, КУО/г г	$1{,}0\cdot10^{3}$	$1{,}15\cdot10^{1}$
Плісеневі гриби, КУО/г не більше	$1{,}0\cdot10^{2}$	$1{,}0\cdot10^{1}$
Дріжджі, КУО/ г, не більше	відсутні	
Staphylococcus aureus	відсутні	
Патогенні мікроорганізми, в т.ч бактерії роду *Salmonella*	відсутні	
Clostridium (сульфітредукувальні клостридії)	відсутні	
60 діб		
БГКП (коліформи)	відсутні	
КМАФАнМ, КУО/г г	$8{,}1\cdot10^{4}$	$4{,}3\cdot10^{2}$
Плісеневі гриби, КУО/г не більше	$3{,}7\cdot10^{3}$	$1{,}5\cdot10^{2}$
Дріжджі, КУО/ г, не більше	відсутні	
Staphylococcus aureus	відсутні	
Патогенні мікроорганізми, в т.ч бактерії роду *Salmonella*	відсутні	
Clostridium (сульфітредукувальні клостридії)	відсутні	
150 діб		
БГКП (коліформи)	відсутні	
КМАФАнМ, КУО/г г	$3{,}49\cdot10^{5}$	$1{,}19\cdot10^{3}$
Плісеневі гриби, КУО/г не більше	$7{,}0\cdot10^{3}$	$1{,}0\cdot10^{3}$
Дріжджі, КУО/ г, не більше	відсутні	
Staphylococcus aureus	відсутні	
Патогенні мікроорганізми, в т.ч бактерії роду *Salmonella*	відсутні	
Clostridium (сульфітредукувальні клостридії)	відсутні	

Примітка: *контроль: 1 – м'ясні снеки без додавання продуктів бджільництва; 2 – продукти бджільництва.*

Згідно з даними, у всіх зразках, впродовж усього терміну зберігання не виявлено патогенних мікроорганізмів, таких як *Staphylococcus aureus*, бактерії роду *Salmonella* та *Clostridium* (сульфітредукувальні клостридії). Це свідчить про високу безпечність та якість виробничого процесу та ефективність використання продуктів бджільництва. Снеки з продуктами бджільництва демонструють нижчий рівень загального мікробіологічного забруднення (КМАФАнМ) порівняно з контрольним зразком. Це вказує на антимікробні

властивості продуктів бджільництва, які можуть сприяти подовженню терміну зберігання та покращенню безпечності продукту. Плісняві гриби в контрольному зразку досягли вищих рівнів на 60 та 150 добу зберігання порівняно з досліджуваним зразком. Використання продуктів бджільництва підкреслює потенціал для покращення мікробіологічної якості та безпечності м'ясних снеків. У всіх зразках дріжджі не виявлені впродовж усього терміну зберігання. Це свідчить про належні умови виробництва та ефективність антимікробних властивостей доданих продуктів бджільництва. Ці результати підтверджують, що використання продуктів бджільництва у виробництві м'ясних снеків сприяє зниженню мікробіологічного забруднення та подовженню терміну зберігання продукту.

Розроблення технології оздоровчих м'ясних снеків із використанням продуктів бджільництва – меду, бджолиного обніжжя та водного екстракту прополісу є перспективним напрямом інноваційного харчового виробництва. Комплексне використання цих інгредієнтів дозволяє створити функціональний продукт з високою біологічною цінністю, пролонгованим терміном зберігання, стабільною якістю та безпечністю для споживача.

Мед відіграє роль натурального підсолоджувача та антиоксиданту, сприяє збереженню органолептичних характеристик та покращенню консистенції продукту. Його правильна підготовка (декристалізація за ≤42°C, фільтрація, гомогенізація) є критично важливою для збереження ферментативної активності та якості кінцевого продукту.

Бджолине обніжжя забезпечує продукт білком, мінералами, незамінними жирними кислотами та поліфенолами. Завдяки своїм антиоксидантним, протизапальним та нутрицевтичним властивостям, воно покращує склад м'ясних снеків, знижує рівень насичених жирів, покращує ПНЖК/НЖК співвідношення та балансує ω-6/ω-3.

Прополіс у вигляді водного екстракту є ефективним природним консервантом із протимікробною дією, що пригнічує ріст патогенних мікроорганізмів (включно з плісеневими грибами, коліформами та КМАФАнМ), знижує ризики мікробіологічного псування та подовжує термін придатності продукту.

Результати досліджень підтвердили зменшення кислотного і пероксидного числа у снеках з продуктами бджільництва протягом 150 діб зберігання, що свідчить про інгібування окиснення жирів; стабільність мікробіологічних показників: відсутність патогенів, менший рівень загального забруднення, сповільнене зростання кількості плісеневих грибів у порівнянні з контролем; енергозбереження та ефективність сушіння, завдяки раціональному температурному режиму (70 °C + 55 °C) і поетапному охолодженню; натуральність рецептури – відмова від синтетичних антиоксидантів та консервантів.

Таким чином, запропонована технологія дає змогу підвищити харчову цінність та функціональність м'ясних снеків; забезпечити їхню мікробіологічну безпечність; подовжити термін зберігання до 150 діб без застосування штучних консервантів; створити інноваційний продукт для ринку здорового харчування.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 6.2

Adamchuk, L., N. B. Silonova, V. Y. Sukhenko, & K. V. Pylypko (2020). Standards of honey safety and quality. Animal Science and Food Technology, 11(1), http://dx.doi.org/10.31548/animal2020.04.005.

Al Marzooqi, H. M., Shehata, M. G., Afifi, H. S., Masry, S. H., Aslam, R., Srikumar, S., & Maqsood, S. (2025). Antioxidant and antimicrobial properties of propolis from different geographic regions in UAE and its applications in shelf-life extension of beef burger. Frontiers in Sustainable Food Systems, 9, 1574880.

Alarcón-García, M. A., Perez-Alvarez, J. A., López-Vargas, J. H., & Pagán-Moreno, M. J. (2021). Meat Snacks Consumption: Aspects That the Consumer Looks for to Consider Them a Healthy Food. Proceedings, 70(1), 82. https://doi.org/10.3390/foods_2020-07738.

Alayunt, N. Ö., Karagözoglu, Y., Parlak, A. E., & Türkoglu, S. E. M. R. A. (2013). Determination of the antioxidant vitamin levels in fresh and dried bee pollens in Bingol's flora. Asian J. Chem, 25, 6870-6872.

Ali, M. S., Rahman, M. M., Habib, M., Kabir, M. H., Hashem, M. A., & Azad, M. A. K. (2022). Quality of spent hen sausages incorporated with bee honey. Meat Research, 2(1). https://bmsa.info/meatresearch/home/article/view/21/19.

Allan, J. L., Duthie, S., Heddle, M., McKenzie, F., Webb, S., & Johnston, M. (2021). Healthy snacks in hospitals: testing the potential effects of changes in availability. Nutrition and Health, 27(3), 321-327. doi:10.1177/0260106021996921

Antoniv A. D. Improvement of meat snack technology with the addition of beekeeping products (dissertation of PhD), 278 p. Retrieved from https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u145/dis_antoniv.pdf

Antoniv, A., Adamchuk, L., Ivanišová, E., Chlebo, R., & Topal, E. (2023). Analysis of the market of meat products in Ukraine. Animal Science and Food Technology, 14(2), 9-27. https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.9.

Antoniv[2], A. (2024). Fatty acid composition of meat snacks with the addition of bee products. Human and nation's Health, 2, 7-15. https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2024.7

Antony, S., Rieck, J. R., & Dawson, P. L. (2000). Effect of dry honey on oxidation in turkey breast meat. Poultry Science, 79(12), 1846-1850. https://doi.org/10.1093/ps/79.12.1846.

Antony, S., Rieck, J. R., Acton, J. C., Han, I. Y., Halpin, E. L., & Dawson, P. L. (2006). Effect of dry honey on the shelf life of packaged turkey slices. Poultry science, 85(10), 1811-1820.

Ayoob, M., Shah, A. H., Nizamani, Z. A., Ayoob, M. F., Bhuptani, D. K., & Baloch, A. S. (2023). Antimicrobial and antioxidative effects of honey marination on beef meat. Pakistan Journal of Zoology, 55(3), 1409.

Bogusz, R., Onopiuk, A., Chmiel, M., Piotrowska, A., Kostyra, E., Lipińska, E., Bryś, J., Samborska, K., & Pietrzak, D. (2024). The Effect of Honey Powder Addition on Chosen Quality Properties of Model Chicken Products. Foods (Basel, Switzerland), 13(24), 4163. https://doi.org/10.3390/foods13244163.

Camacho-Bernal, G. I., Cruz-Cansino, N. d. S., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Zafra-Rojas, Q. Y., Castañeda-Ovando, A., & Suárez-Jacobo, Á. (2021). Addition of Bee Products in Diverse Food Sources: Functional and Physicochemical Properties. Applied Sciences, 11(17), 8156. https://doi.org/10.3390/app11178156.

Ciurzyńska, A., Cieśluk, P., Barwińska, M., Marczak, W., Ordyniak, A., Lenart, A., & Janowicz, M. (2019). Eating Habits and Sustainable Food Production in the Development of Innovative "Healthy" Snacks. Sustainability, 11(10), 2800. https://doi.org/10.3390/su11102800

Demir Özer, E. (2020). Propolis and Potential Use in Food Products. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology, 8(5), 1139–1144. https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i5.1139-1144.3324

Dos Reis, A. S., Diedrich, C., de Moura, C., Pereira, D., de Flório Almeida, J., da Silva, L. D., ... & Carpes, S. T. (2017). Physico-chemical characteristics of microencapsulated propolis co-product extract and its effect on storage stability of burger meat during storage at− 15 C. LWT-Food Science and Technology, 76, 306-313.

El Ghouizi, A., Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaid, D., El Menyiy, N., Hano, C., & Lyoussi, B. (2023). Bee Pollen as Functional Food: Insights into Its Composition and Therapeutic Properties. Antioxidants, 12(3), 557. https://doi.org/10.3390/antiox12030557.

El-Kalyoubi, M. H., Khalaf, M. M., Nadir, A. S., Wafaa, M. A., & Mansour, M. E. (2014). Bee honey effect against microbial and oxidation in chicken slices. Middle East J. Appl. Sci, 4, 884-893.

Gedikoğlu, A. (2022). Antimicrobial and Antioxidant Activities of Commercialized Turkish Propolis Extract, and Application to Beef Meatballs. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology, 10(10), 2021–2029. https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i10.2021-2029.5340

Grand View Research. (2022). Functional Snacks Market Size, Share & Trends Analysis Report By Ingredient (Fruits & Vegetables, Grains & Seeds, Dairy), By Product (Cereal & Energy Bars, Meat Snacks, Nut, Seed & Trail Mixes), By Distribution Channel, And Segment Forecasts. 2021–2028.

Grasso, S. (2020). Extruded snacks from industrial by-products: A review. Trends in Food Science & Technology, 99, 284-294.

Heldt, L. F. S., Pereira, D., Souza, B. R., Almeida-Muradian, L. B., & Carpes, S. T. (2019). Fortification of beef burger with the addition of bee pollen from Apis mellifera L. Emirates Journal of Food and Agriculture, 31(11), 895-901.

Ilia, G., Simulescu, V., Merghes, P.,Varan, N. (2021). The health benefits of honey as an energy source with antioxidant, antibacterial and antiseptic effects. Science & Sports.36 (4): 272.

Irigoiti, Y., Navarro, A., Yamul, D., Libonatti, C., Tabera, A., & Basualdo, M. (2021). The use of propolis as a functional food ingredient: A review. Trends in Food Science & Technology, 115, 297-306.

Johnston, J. E., Sepe, H. A., Miano, C. L., Brannan, R. G., & Alderton, A. L. (2005). Honey inhibits lipid oxidation in ready-to-eat ground beef patties. Meat science, 70(4), 627-631.

Kaur, J., Rasane, P., Kumar, V., Nanda, V., Bhadariya, V., Kaur, S., & Singh, J. (2024). Exploring the Health Benefits of Bee Pollen and Its Viability as a Functional Food Ingredient. Reviews in Agricultural Science, 12, 65-78. https://doi.org/10.7831/ras.12.0_65

Kessler, F., Nielsen, M. B. R., Tøstesen, M., Duelund, L., Clausen, M. P., & Giacalone, D. (2019). Consumer perception of snack sausages enriched with umami-tasting meat protein hydrolysates. Meat science, 150, 65-76.

Komosinska–Vassev, K., Olczyk, P., Kaźmierczak, J., Mencner, L., Olczyk, K. (2015). Bee pollen: Chemical composition and therapeutic application. Evid. Based Complementary Altern. Med, 297425. https://doi.org/10.1155/2015/297425.

Kostić, A. Z., Barać, M. B., Stanojević, S. P., Milojković-Opsenica, D. M., Tešić, Z. L., Šikoparija, B., Pešić, M. B. (2015). Physicochemical composition and techno-functional properties of bee pollen collected in Serbia. LWT – Food Science and Technology, 62, 301–309. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.031

Kostić, A. Ž., Milinčić, D. D., Barać, M. B., Ali Shariati, M., Tešić, Ž. L., & Pešić, M. B. (2020). The application of pollen as a functional food and feed ingredient—the present and perspectives. Biomolecules, 10(1), 84.

Lima, Í. A., do Carmo, L. R., Andrade, B. F., de Oliveira, T. L. C., Piccoli, R. H., Ramos, A. D. L. S., & Ramos, E. M. (2024). Technological and sensory characteristics in development of innovative symbiotic boneless dry-cured lamb meat snack. Meat Science, 216, 109578.

Lin, Y. (2023). Meat-pulse bars: A novel dried meat snack with added pulse flour and its physicochemical, storage, and sensory properties (Doctoral dissertation). Retrieved from https://harvest.usask.ca/server/api/core/bitstreams/ce27b78f-8e4b-4f50-89d1-f4d97961f44b/content/.

Maduro, I. P. D. N. N., Nonino, C. B., Sakamoto, L. M., Meirelles, M. G., Cardeal Da Costa, J. A., & Marchini, J. S. (2013). Red meat snacks for chronic hemodialysis patients: effect on inflammatory activity (a pilot study). Renal Failure, 35(6), 830-834.

Mahdavi-Roshan, M., Gheibi, S., & Pourfarzad, A. (2022). Effect of propolis extract as a natural preservative on quality and shelf life of marinated chicken breast (chicken Kebab). Lwt, 155, 112942.

Melo, I. L. P. D., & Almeida-Muradian, L. B. D. (2010). Stability of antioxidants vitamins in bee pollen samples. Química Nova, 33, 514-518.

Miller, R., Benelam, B., Stanner, S. A., & Buttriss, J. L. (2013). Is snacking good or bad for health: An overview. Nutrition Bulletin, 38(3), 302-322.

Murphy, S. P., Gewa, C., Grillenberger, M., Bwibo, N. O., & Neumann, C. G. (2007). Designing Snacks to Address Micronutrient Deficiencies in Rural Kenyan Schoolchildren1. The Journal of nutrition, 137(4), 1093-1096.

Nagai, T., Inoue, R., Kanamori, N., Suzuki, N., & Nagashima, T. (2006). Characterization of honey from different floral sources. Its functional properties and effects of honey species on storage of meat. Food chemistry, 97(2), 256-262. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.045.

Novaković, S., Djekic, I., Pešić, M., Kostić, A., Milinčić, D., Stanisavljević, N., ... & Tomasevic, I. (2021). Bee pollen powder as a functional ingredient in frankfurters. Meat Science, 182, 108621. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108621.

Pant, K., Sharma, A., Chopra, H. K., & Nanda, V. (2024). Impact of biodiversification on propolis composition, functionality, and application in foods as natural preservative: A review. Food Control, 155, 110097.

Park, G., Choi, H., Cho, J., Chang, S., Lee, H., & Choi, J. (2024). Effects of bee products (propolis, royal jelly and honeybee comb extracts) on physico-chemical and storage characteristics of pork patties. Journal of Food & Nutrition Research, 63(1).

Pobiega, K., Kraśniewska, K., & Gniewosz, M. (2019). Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality–A review. Trends in food science & technology, 83, 53-62.

Ray, E. E., Mckee, L. H., Gardner, B. J., & Smith, D. W. (1996). Properties of an extruded jerky-type meat snack containing potato flour. Journal of Muscle Foods, 7(2), 199-212.

Schlinkert, C., Gillebaart, M., Benjamins, J., Poelman, M., & de Ridder, D. (2020). The snack that has it all: People's associations with ideal snacks. Appetite, 152, 104722. https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104722.

Segueni, N., Boutaghane, N., Asma, S. T., Tas, N., Acaroz, U., Arslan-Acaroz, D., Shah, S. R. A., Abdellatieff, H. A., Akkal, S., Peñalver, R., & Nieto, G. (2023). Review on Propolis Applications in Food Preservation and Active Packaging. Plants, 12(8), 1654. https://doi.org/10.3390/plants12081654

Strashynskyi , I., Pasichnyi , V., & Romazan , O. (2021). Influence of bee honey on water activity indicators and model ph samples in the process of drying-maturation of fermented meat products. https://doi.org/10.36074/logos-05.02.2021.v3.08.

Sukhenko, Y., Mushtruk, M., Vasyliv, V., Sukhenko, V., Dudchenko, V. (2019). Production of Pumpkin Pectin Paste. In Ivanov, V., Trojanowska, J., Machado, J., Liaposh-chenko, O., Zajac, J., Pavlenko, I., Edl, M., Perakovic, D. Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. Proceedings of the 2nd International Conference on De-sign, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2019, Juna 11-14, 2019, Lutsk, Ukraine. Switzerland : Springer International Publishing, 805-812.

Talukder, S., Mendiratta, S. K., Soni, A., Singh, T. P., Chhangte, L., Kumar, R. R., ... & Malav, O. P. (2015). Development and quality characterization of mutton snack. Nutrition & Food Science, 45(6), 873-882.

Thakur, M., & Nanda, V. (2020). Exploring the physical, functional, thermal, and textural properties of bee pollen from different botanical origins of India. Journal of Food Process Engineering, 43(1), e12935.

Tomás-Barberán, F. A., Tomás-Lorente, F., Ferreres, F., & Garcia-Viguera, C. (1989). Flavonoids as biochemical markers of the plant origin of bee pollen. Journal of the Science of Food and Agriculture, 47(3), 337-340.

Tosi, E. A., Ré, E., Ortega, M. E., & Cazzoli, A. F. (2007). Food preservative based on propolis: Bacteriostatic activity of propolis polyphenols and flavonoids upon Escherichia coli. Food chemistry, 104(3), 1025-1029.

Tumbarski, Y., Topuzova, M., & Todorova, M. (2022). Food industry applications of propolis: a review. Journal of Hygienic Engineering & Design, 40.

Turhan, S., Yazici, F., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., & Genccelep, H. (2014). Evaluation of the nutritional and storage quality of meatballs formulated with bee pollen. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 34(4), 423.

Tyshchenko, L., Pylypchuk, O., Israelyan, V., Adamchuk, L., & Akulyonok, O. (2021). Honey as a marinade component for meat semi-finished products. Animal Science and Food Technology, 12(2), 73-81.

Yankovsky, R. Stepanova, T. (2023). Overview of the snow products market and the relevance of functional product development. Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University, 13(2). Retrieved from https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/413.

Большакова, В. А., Дроменко, О. Б., & Онищенко, В. М. (2023). Обґрунтування раціональних параметрів виробництва сушених виробів з м'яса птиці. Отримано з https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/36738/1/Probl_enerhoefek_yak_materialy_23-9-10.pdf.

Вишковський, Р., Вогнівенко, Л. П. (2025). Ультразвукове заморожування як перспективна технологія збереження якості харчових продуктів. Молодь – науці і виробництву: актуальні питання харчової промисловості: тези доп. IV Всеукр. наук.-техн. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, Кропивницький, 14 трав. 2025 р. Кропивницький: ХДАЕУ, 2025. С. 53–54.

Діхтяр, О. О., Адамчук, Л. О., Антонів, А. Д., Жук, Л. М. (2022) Дослідження основних показників безпечності та якості десерту на основі соняшникового меду. Наукові праці Національного університету харчових технологій. Т. 28, № 6, с. 137–149. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-6-15

Кучерук, М. Д. (2019). Дослідження хімічного складу м'яса органічних курчат. Наукові горизонти, № 6 (79), С. 36–42.

Молоканова, Л. В., Орешина, О. О. (2012). Снекова продукція на основі м'яса: стан і перспективи розвитку. Товарознавчий вісник: Збірник наукових праць. Вип. 5, С. 303-311. https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/2566/Snekova.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Орешина, О. О., Молоканова, Л. В., (2012). Харчова цінність м'ясних снеків: теорія і реальність. Актуальні проблеми харчової промисловості та ресторанного господарства. Сучасні питання підготовки кадрів: матеріали 1 Всеукр. наук.-практ. конф. Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», С. 7-11.

Сімахіна, Г., Науменко, І. (2021). Використання амінокислот у спортивному харчуванні. Міжнародна науково-практична конференція «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: збірник матеріалів, 17-18 листопада 2021 р. Київ: НУХТ, 116 с.

Чемелєва, Ю., Стеценко, Н. (2021). Обґрунтування рецептурного складу та розроблення способу виробництва чіпсів на основі використання льону з натуральними рослинними збагачувачами. Міжнародна науково-практична конференція «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: збірник матеріалів, 17-18 листопада 2021 р. Київ: НУХТ, 116 с.

Ярошевич, Т. В. (2021). Електронний посібник з дисципліни: Товарознавство харчових продуктів тваринного походження. Луцьк: Луцький державний технічний університет.

РОЗДІЛ 7

СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ЗБОРУ ПРОПОЛІСУ

Роман Двикалюк
PhD з харчових технологій
Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15
Roman.Dvykaliuk@delta-sport.kiev.ua

Roman Dvykaliuk
PhD in Food Technology
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, Heroiv Oborony Str.15, Kyiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0001-7732-6365*

Прополіс є перспективним інгредієнтом для використання в сучасних і майбутніх харчових технологіях. Збір якісного прополісу в економічно вигідних масштабах для пасічних господарств залежить від низки факторів, передусім – від належної практики бджільництва, наявності джерел рослинної смоли та ефективних засобів збору, адаптованих до кліматичних умов. Пошук нових матеріалів для виготовлення засобів збору базується на дослідженні поведінки бджіл під час накопичення прополісу у вулику, а також взаємодії системи "бджола – рослинна смола – тверде тіло". Нові підходи до виготовлення засобів збору відкривають перспективи для майбутніх наукових і виробничих розробок. Різноманіття сучасних синтетичних матеріалів, доступних на ринку, створює потенціал для кардинальної зміни підходів до виробництва прополісу в пасічних господарствах. Однак ці процеси потребують подальшого вивчення з урахуванням факторів, що впливають на прополісну продуктивність бджолиних сімей та екологію.

Propolis is a promising bioactive ingredient for application in both current and future food technologies. The collection of high-quality propolis at economically viable scales in beekeeping operations depends on multiple factors, primarily on good apicultural practices (GAP), availability of botanical resin sources, and efficient collection devices adapted to local climatic conditions. The search for novel materials for propolis collection is grounded in studies of honeybee behavior during propolis deposition within the hive, as well as the interaction dynamics of the "bee–plant resin–solid surface" system. Innovative approaches to the design of collection devices open new avenues for future scientific research and industrial applications. The wide spectrum of synthetic materials currently available on the market offers substantial potential to transform propolis production methods in beekeeping enterprises. However, these developments require further investigation, particularly with regard to factors influencing colony-level propolis productivity and ecological interactions.

7.1. Наукове обґрунтування збільшення виробництва прополісу для новітніх харчових технологій

За результатами глобального бібліометричного аналізу наукових досліджень котрі стосуються використання рослинної смоли бджолами (Vit et al., 2024), у базі Scopus виявлено 74 наукові публікації, присвячені безжальним бджолам (1985–2022), та 315 публікацій – медоносним бджолам (1967–2022). Аналіз показав, що з 2015 року спостерігається стійке зростання кількості наукових робіт, присвячених біологічним функціям смол у вулику, зокрема в контексті антимікробних властивостей прополісу, його хімічного складу (флавоноїди, фенольні сполуки), ролі в соціальному імунітеті та адаптивній поведінці бджіл. Найбільшу активність у публікаціях виявили наукові групи з Бразилії (особливо щодо безжальних бджіл), а також з Японії, США, Туреччини, Німеччини та Індонезії (переважно щодо *Apis mellifera*). Тематичні напрямки концентруються навколо фітохімії смол, механізмів їх збору, застосування в апітерапії, а також біоактивності щодо бактерій і грибів.

Доведено, що прополісна продуктивність бджолиних сімей залежить від кліматичних умов, біологічного стану бджолиної сім'ї, породи бджіл, періоду збору та способу збору *(Поліщук, 1975)*. Науковці *Mountford-McAuley et al. (2021)* визначають такі фактори, що, на їх думку, впливають на виробництво прополісу: наявність ботанічних джерел смоли, генетична схильність медоносних бджіл до прополісування, будова вулика, доступність їжі, фактори навколишнього середовища та захворювання бджолиної сім'ї.

Орієнтація пасік на виробництво прополісу має враховувати наявність рослинності, що є джерелом прополісу, а також екологічність середовища в якому проводиться збір прополісу. Виробництво прополісу, який не відповідає вимогам за важкими металами, радіоактивністю може привести до економічних збитків, а не очікуваного прибутку. Слід розпочинати з тестування перш ніж переходити до промислового виробництва *(Nunes & Guerreiro, 2012)*. Відсутність рослинних джерел для збору медоносними бджолами прополісу може спонукати їх до збору замінників (бітум, господарські фарби, нафтопродукти та інше), як наслідок – погіршення його якості *(Alqarni et al., 2015; Özenirler et al., 2018)*. У країнах з тропічним кліматом, а також для отримання монофлорних типів прополісу, практикується кочівля до рослинних джерел *(Breyer et al., 2015; Abou-Shaara & Eid, 2019)*. Такий підхід може бути застосований і в Україні для покращення якості прополісу через віддалення пасік від техногенно несприятливих зон для збору прополісу покращеної якості.

Рід тополі *Populus L.,* який включає в себе близько 40 видів *(Денис та ін., 2011)*, є досить поширеним джерелом прополісу в регіонах з помірним кліматом Європи, Північної Америки, не тропічних районах Азії, Китаю та Нової Зеландії *(El-Guendouz et al., 2019; de Groot, 2013)*. *Populus nigra L.* (тополя чорна) відвідується медоносними бджолами для збору рослинних смол у таких країнах, як Туреччина, Алжир, Аргентина, Україна, північна частина Італії *(Isidorov et al., 2014; Guzelmeric et al., 2018; Pavlovic et al., 2020)*. Аналіз зразків прополісу з України (Крим), проведений вченими *Isidorov, Szczepaniak, Bakier,* показав, що основним домінуючим складником є смоли *Populus nigra* L. (тополя чорна), водночас як, наприклад, зразки отримані з Білорусі містять у собі суміш смоли *Populus nigra L., Populus tremula L. та Betula pubescens L.* Зразки прополісу з Польщі мали більш виражений вміст смоли *Betula pubescens L.* порівняно зі зразками з іншими*(Isidorov et al., 2014).*

Pinus pinea L. (Сосна італійська), *Pinus nigra L.* (Європейська чорна сосна), *Pinus halepensis L.* (Сосна алепська), а також *Pinus brutia L.* (Сосна турецька) слугують характерним джерелом смоли для прополісу на східних островах Егейського моря, Кіпру і Греції *(Isidorov et al., 2016).*

Ймовірними джерелами прополісу на острові Самотракі в Греції є *Quercus pubescens Willd* (Дуб пухнастий), *Prunus dulcis Mill* (Мигдаль), *Prunus amygdaliformis Vill, Paliurus spina-christi Mill* (Держидерево звичайне) *(Papachristoforou et al., 2019; Кобів, 2004). Mangifera indica L.* (Манго) визначено як основне джерело смоли для прополісу в таких країнах: Оман, Індонезія, Тайланд, Камерун, Фіджі *(Sanpa et al., 2017; Trusheva et al., 2016; Bankova et al., 2018; Kardar et al., 2014).* До найбільш вивченого рослинного джерела прополісу в Південній Америці та особливо в Бразилії можна віднести *Baccharis dracunculifolia DC.* та *Dalbergia ecastaphyllum L.* джерелом відомого на весь світ зеленого та червоного прополісу відповідно *(Bankova et al., 2006; de Pontes et al., 2018).* Інтенсивний вегетаційний період у *B. dracunculifolia DC,* розміщення вуликів з медоносними бджолами та стимулювання їх до збору смоли з урахуванням описаної раніше етології бджіл під час збору прополісу з відповідної рослини дає можливість отримувати монофлорний прополіс з однієї рослини *(Teixeira et al., 2005).* Доведено, що бджоли більшою мірою відвідують жіночі рослини *B. dracunculifolia,* а відповідно з метою збільшення кількості зібраного прополісу авторами запропоновано збільшити кількість жіночих рослин на плантаціях *(Rodrigues et al., 2020).*

Kekeçoğlu et al. (2020) встановлено взаємозв'язок між морфометричними характеристиками різних рас та екотипів медоносних бджіл і їх прополісною продуктивністю. Науковці провели дослідження прополісної продуктивності *Apis mellifera caucasica, A. m. carnica, A. m. syriaca* та два екотипи *A. m. anatoliaca (Muğla, Yığılca).* Відзначається, що спостерігалася позитивно значуща кореляція між збором прополісу та шістьма морфометричними вимірюваннями: довжиною крила, шириною крила, довжиною стегна, довжиною гомілки, довжиною першого членика лапки та його шириною. Найбільшу довжину крила і ніг зафіксовано у екотипу *Yığılca (A. m. anatoliaca) та A. m. caucasica,* відповідно й прополісну продуктивність.

Порівняльне дослідження прополісної продуктивності *Apis mellifera caucasica, Apis mellifera carnica, Apis mellifera ligustica* та *Apis mellifera anatoliaca* в умовах провінції Hatay (Туреччина). За результатами дослідження *Apis mellifera anatoliaca* показала найвищу продуктивність із збору прополісу *(Sahinler et al., 2005).* За результатами дослідження *Eroğlu et al. (2021),* встановлено, що різні раси медоносних бджіл *(Apis mellifera caucasica, A. m. carnica, A. m. syriaca* та *A. m. anatoliaca)* мають різну схильність до збору смол із певних рослин. При утриманні в однакових умовах виявлено істотні відмінності у хімічному складі прополісу, зокрема за вмістом кверцетину та ферулової кислоти.

Мікроскопічний аналіз пилку в зразках прополісу засвідчив відмінності у видовому складі рослин-джерел смол, що додатково підтверджує расову специфічність у виборі ботанічних джерел. Отже, вчені припускають, що хімічний склад прополісу може залежати від раси бджіл, що його збирає через орієнтацію на ті чи інші джерела прополісу. Як відзначають *Janashia et al. (2025), Apis mellifera caucasica* демонструє виражену схильність до збирання та використання прополісу. Така поведінка характерна для популяцій цієї раси в Грузії та розглядається як один із механізмів соціального імунітету. Хоча за рівнем гігієнічної поведінки *A. m. caucasica* поступається расам *A. m. carnica* та *A. m. mellifera* в той же час на думку вчених її підвищена прополісозбірна активність може компенсувати цей недолік.

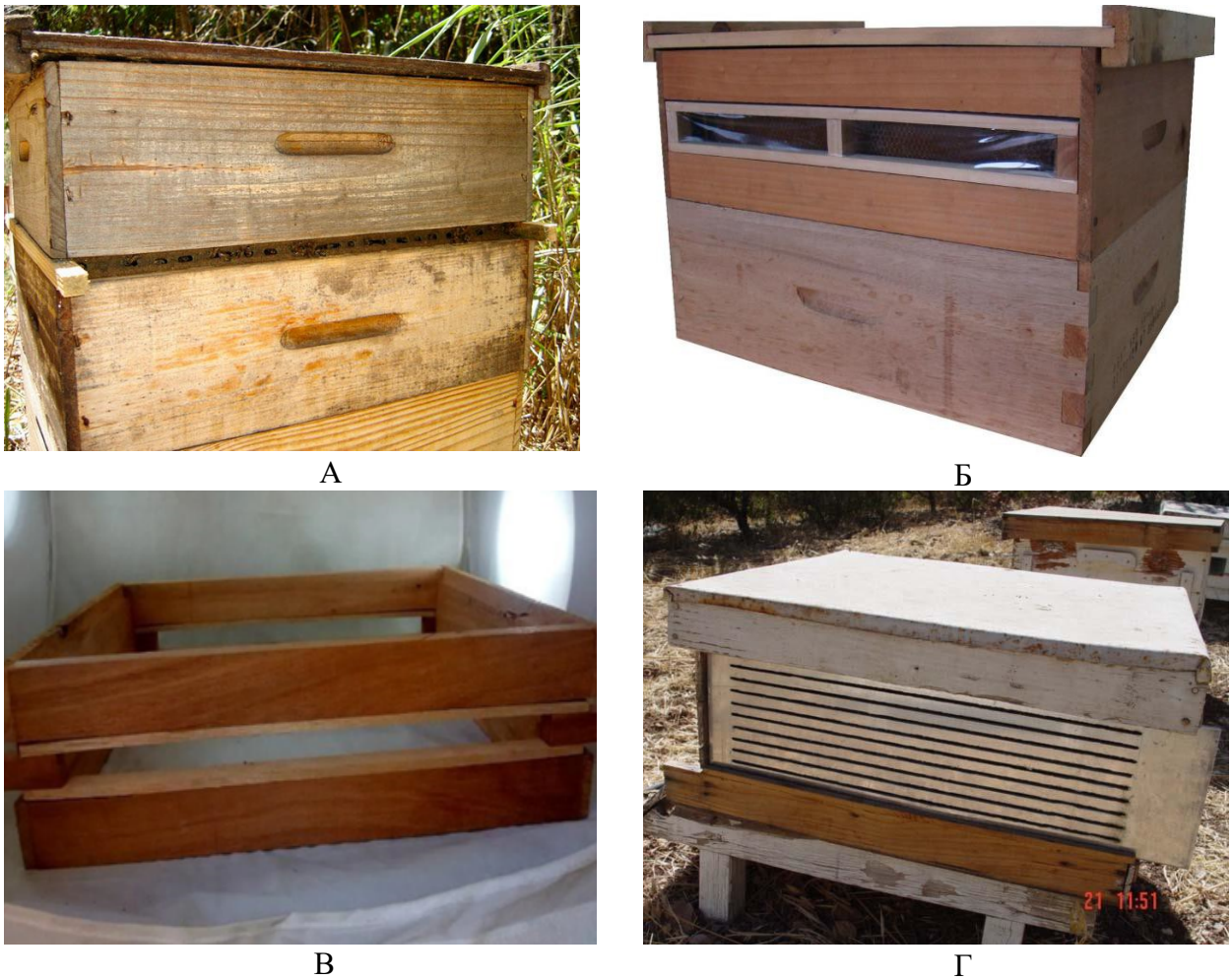
Сьогодні відомі такі способи отримання прополісу в помірному кліматичному поясі від медоносних бджіл: очищення пасічною стамескою елементів гнізда бджіл; використання спеціальних двошарових потолочин з капроновою сіткою розміром комірок 4х4 мм з розміщенням їх над гніздом бджіл; розміщення поверх рамок спеціальної дерев'яної або пластикової решітки з розміром комірок 3х4 мм; розміщення над гніздом бджіл рамок з планками різної висоти, що утворюють комірки таких самих розмірів; збільшення вентиляції в середині бджолиного гнізда шляхом розміщення стелин з уступами; розміщення касет з планок у зоні верхнього льотка або зроблених бокових отворах у вулику.

Загальноприйнятим способом отримання прополісу від бджолиних сімей є: знімання прополісу з використанням пасічницької стамески зі стінок вулика, стелин, елементів гнізда бджіл та його складання у посуд; подальше очищення від механічних домішок (або без нього); формування грудочок вагою 50, 100, 200 г. Бджоли можуть накопичувати у гнізді з можливістю його збору до 200 г прополісу за сезон за такого підходу. З метою збільшення кількості отримання прополісу слід вміло використовувати біологічні особливості бджіл. Поліщук В. П. рекомендував робити в стелинах щілини довжиною 30–35 см і шириною 3,5 мм. Ще однією рекомендацією, яку можна врахувати, є використання спеціальних магазинів з пристроями. У задніх чи бокових стінках магазинних надставок робляться щілини розміром 120х3,5 мм. Ззовні щілини набивають металевою сіткою. Бджоли покривають сітку прополісом, що дає можливість подвоїти кількість зібраного прополісу *(Поліщук, 1975).* Роботу з очищення металевих сіток за рекомендацією В. П. Поліщука слід проводити восени або взимку.

В Іспанії збір прополісу від *Apis melifera L.* здійснюють з використанням пластикових решіток, які розміщують над гніздом бджіл *(Jorge, 2018).*

Зростання попиту та ціни на прополіс з країн Південної і Латинської Америки підтверджено дослідженнями опублікованими за результатами XXX Міжнародного конгресу з бджільництва – Апімондія, 1985 року *(Yamamoto, 1997).* Це дало поштовх до розвитку технологій отримання прополісу, зокрема в у Бразилії. До 1993 року, через незначний попит, пасічники в Бразилії збирали прополіс способом очистки елементів гнізда бджіл пасічницькою стамескою. Найпоширенішим способом збору прополісу, який використовувався після 1993 року, було вставляння 2 см планок між гніздовим та кормовим корпусом у вуликах. Збір прополісу у такий спосіб називається «спосіб Саррафо» (The «Sarrafo» method) (рис. 7.1, А). Надалі, починаючи з 2000 року, серед усіх запропонованих способів поширення набув спосіб EGPP (Elias Green Plate Propolis) з використанням колекторів CPI (Intelligent Collector of Propolis) (рис. 7.1, Б) *(Lima et al. 2015).*

У публікаціях вчених *de Ayala et al. (2019)* описано Мексиканський спосіб збору, який називають «народний» – «Campechano» (іспанська мова: Método Propolizador Campechano). Між гніздовим та кормовим корпусом вставляють планки 2х3 см та довжиною 45 см з обох боків. Визначено прополісну продуктивність – 960 г на рік. Прополіс очищують кожного тижня ножом із нержавіючої сталі *(de Ayala et al., 2019; Norma Oficial Mexicana, 2017).*



А Б

В Г

Рисунок 7.1 Технології збору прополісу

Примітка: *А – спосіб збору прополісу «Саррафо» (The «Sarrafo» method) (Lima et al, 2015); Б – колектор CPI (Intelligent Collector of Propolis) (Breyer, H. F. E.; Breyer, E D. H., 2016); В – колектор «Cuadros Colectores de Propóleo» (de Ayala et al., 2019); Г – колектор виконаний у формі алюмінієвої вставки (Abu Fares et al., 2008).*

Збір прополісу способом EGPP (Elias Green Plate Propolis) з використанням колекторів CPI (Intelligent Collector of Propolis) (рис. 7.1, Б) передбачає розміщення бджолиних сімей у районах де достатня кількість рослин, що слугують джерелом прополісу. На одному точку рекомендовано розміщувати не більше 30 бджолиних сімей, оптимально 12. Використовують бджолині сім'ї генетично схильні до надмірного прополісування. Не рекомендується використовувати вулики з нанесеною сенситивною фарбою, що може призводити до контамінації прополісу. Для розміщення колекторів CPI використовують вулики системи Лангстрот на 10 рамок. Колектор CPI виконаний у формі вставної прямокутної рами зовнішні розміри якої – ширина 483 мм та висота 50 мм. Колектор розділений на дві секції з внутрішнім розміром отворів прямокутної форми 30х215 мм кожний. В одну надставку на вулик з однією сильною бджолиною сім'єю рекомендується ставити не більше двох таких колекторів. За сприятливих умов покриття одного колектора здійснюється бджолами протягом 10 днів. Бджолиним сім'ям котрі не покрили колектор за 20 днів з моменту його розміщення

замінюють маток на більш продуктивних та схильних до прополісування. Вийняті колектори замінюють чистими або отвір закривають вставною дощечкою. З метою уникнення потрапляння шкідників та ворогів бджіл у гніздо та зменшення негативних факторів, що зумовлюють вплив на мікроклімат бджолиного гнізда, отвори в колекторі перед його використанням покривають плівкою. Колектори очищують ножом, вирізаючи пластини прополісу з нього. Надалі для приведення вологості прополісу до норми його сушать у сушильних шафах за температури 20–30 °С впродовж 16 годин. Для знищення личинок кліщів та молі прополіс розміщують у морозильну камеру за температури -10 °С протягом 48 годин. Упаковують прополіс по 5 кг *(Breyer, H. F. E.; Breyer, E. D. H., 2016).*

Продуктивність колектора залежить від багатьох факторів та в середньому складає 1000 г прополісу за один місяць. Колектор використовують у вуликах Лангстрота *(de Ayala et al., 2019).* За результатами інших досліджень, продуктивність колектора складає 600 г в місяць *(Jonathan José Alejandro Cuenca, 2015).*

У 2000 році бразильцем Карлосом Эдуардо Консейсао (Carlos Eduardo Conceiçao) розроблено корпус вулика, який виконує функцію колектора. Колектор має назву «Colector de Propóleo Pirassununga». Одна із стінок корпусу складається із двох розсувних частин, що за використання колектора розсуваються в ліво та в право, відповідно утворюючи щілину між цими частинами. Обидві частини корпусу мають початковий отвір у 2 см. За оптимальних умов отвір у 2 см покривається бджолами протягом тижня. Надалі пасічник їх поступово відсуває по мірі покриття отвору бджолами прополісом. Протягом місяця такий колектор може накопити прополісу близько 100 г. Продуктивність за рік – 1200 г *(de Ayala et al., 2019).*

Колектор «Cuadros Colectores de Propóleo» виконаний подібно як і колектор CPI (Intelligent Collector of Propolis). Ввідмінність у тому, що вставна частина розбірна (рис. 7.1, В). *De Ayala et al. (2019)* стверджує, що продуктивність зазначеного колектора може сягати 6300 г/рік. Marco Colector de Propóleo (іспанська мова) (Рамка колектор прополісу) колектор виконаний у формі підкришника з отворами. Отвори можуть бути висотою від 1 до 2 см. Очищення прополісу з цього колектора передбачає його замороження на 24 години для спрощення очищення. Продуктивність колектора визначено на рівні 900 г від однієї бджолиної сім'ї в рік *(de Ayalaet al., 2019).* Науковці *Breyer et al. (2016)* визначають назву зазначеного колектора як «Coletor móvel interno (moldura)» (португальська мова).

До 1993 р. країни Південної Америки не збирали прополіс у промислових об'ємах. На той час продуктивність стандартного методу збору, що полягав у очищенні елементів гнізда пасічницькою стамескою, складала 100–300 г *(Lima et al., 2015).* Як стверджують науковці *Lima et al. (2015)* сьогодні продуктивність збору прополісу з одного вулика в Бразилії коливається від 700 до 1000 г у рік. Зазначеними вченими проведено дослід, результати якого дали нові розуміння способу збільшення прополісної продуктивності. Були сформовані групи: у першій групі бджолині сім'ї не мали запасів корму та не були підгодовані; у другій групі бджолині сім'ї були без корму але отримували підгодівлю; третя група мали запаси корму але не отримували підгодівлю; четверта група мала запаси меду у гнізді та отримувала підгодівлю. За результатами досліду встановлено, що найбільшу продуктивність мали сім'ї четвертої групи. Враховуючи це приходимо до висновку, що інстинкт захисту кормів у гнізді відіграє важливу роль і для захисту бджолині сім'ї вдаються до збільшення прополісної продуктивності. Подальші дослідження *Lima et al. (2015)* показали, що температура також має значення. Водночас вчені відзначають, що бджолині сім'ї, які розміщувались на відкритому сонці, мали значно нижчу прополісну продуктивність ніж ті які були розміщені у тіні. Різниця температур складала 4,6° С. Тому у регіонах Бразилії для збільшення продуктивності рекомендують затіняти вулики. Оцінка *Lima et al. (2015)* 415 бджолиних сімей з позиції прополісної продуктивності показала протягом 15 днів, що 15 % бджолиних сімей збирають надто мало прополісу, 20 % бджолиних сімей збирають більше 100 г і тільки одна – 320 г.

З огляду на вище описане, не менш важливим є і питання належної селекції. Результати селекції показують, що після першого покоління прополісна продуктивність збільшується на 27,92 %, а у третьому поколінні – на 71 % порівняно з першопочатковим *(Manrique, 2001).*

Nicodemo et al. (2013) відзначає, що виробництво меду значно корелювало з виробництвом прополісу. У бджолиних сім'ях, які мали більшу схильність до гігієни, краще накопичували прополіс ніж бджолині сім'ї які мали низький вміст прополісу у гнізді.

Вчені *Ayala et al. (2015)* відзначають, що використання пластикових решіток для збору прополісу у тропічних регіонах ускладнено необхідністю охолодження решіток для їх очищення. Показники продуктивності різняться і складають від 500 до 1000 г за сезон. Водночас одна решітка розміром 41 см на 51 см може містити в собі до 100 г прополісу.

Abu Fares et al. (2008) проведено дослідження з модифікованими вуликами Лангстрот (рис. 7.1, Г). Дослідження проводилось на двох локаціях в Університеті Йорданії (University of Jordan) та у Аль-Хашмеа (Al Hashmeah), що обумовлено флорою цих місцевостей. Дослідження проводились із використанням 24 бджолиних сімей *Apis mellifera ligustica.*

Колектори (рис. 7.1, Г) виконані з алюмінієвих листів шириною 15 см та довжиною 55 см. У листах виконані прорізи на відстані кожний один від одного – 1 см з шириною 0,4 см та довжиною 45 см. У досліджені вказані колектори розміщені з бокової сторони гнізда. Аналогічні колектори виконані за таким же принципом розміром 15х45 см. Розміри виконано довжиною 35 см та ширино 0,4 см. Колектори цієї модифікації були розміщені на задній частині вуликів задіяних у досліді. Додатково розміщено у кожний дослідний вулик пластикові листи розміром 45х35 см з отворами 3х3 мм. Зібраний прополіс зважували щомісячно. Для контролю прополіс збирали методом очищення елементів гнізда стамескою. Найбільше прополісу зібрано з колекторів розміщених у боковій частині вулика та пластикових решітках у цих вуликах. Середня продуктивність у різних регіонах Європи складає від 50 до 150 г тоді, коли середня продуктивність збору прополісу у вказаному дослідженні коливалась у межах від 91,92 до 96,60 г *(Abu Fares et al., 2008).*

Проведено дослідження у Греції, щодо продуктивності бджолиних сімей з відкладання прополісу у п'яти різних пристроях (пастках) протягом двох років. Модифікований вулик Лангстрот з вставленою боковою алюмінієвою пластиною з отворами 450х4 мм з відстанню між ними 10 мм було порівняно із сіткою з отворами 1х1 мм, пластиковою решіткою для збору прополісу (3х16 мм), сіткою з комірками розміром 4х4 мм, сіткою 2х2 мм. За результатами дослідження науковці відзначають, що сітки 1х1 мм та 2х2 мм прополісувались бджолами найшвидше. У двох повторах сітки з комірками 2х2 мм були заповнені прополісом найшвидше. Найбільше прополісу зібрали сітки з отворами 1х1 мм (29,57±7,59 г), за ними йдуть сітки з отворами 2×2 (23,70±5,63 г) і комерційні решітки (15,62±4,05 г), без значних відмінностей між ними. Швидкість заповнення сіток 2×2 мм складає 20,5±0,5 доби *(Tsagkarakis et al., 2017).*

Досліджено комерційні екстракти, прополіс зібраний з використанням колекторів (CPI) та шляхом очищення елементів гнізда медоносних бджіл у Бразилії. Автори відзначають, що спосіб збирання не вплинув на вміст фенолів та флавоноїдів. Водночас прополіс зібраний шляхом очищення елементів гнізда бджіл мав значних залишок механічних домішок від 5 до 546 г (112,6±179,78 г). У механічних домішках загалом були частини екзоскелету бджіл, ґрунт, шматки деревини і сліди молі *(Galleria spp.).* Прополіс був вражений міллю через неналежні умови зберігання *(Lorenzon et al., 2018).* На нашу думку наявність слідів молі у прополіс може свідчити про значний вміст воску у зразках.

Досліджено вплив матеріалу з якого виготовлено вулики для медоносних бджіл (дерев'яний, пінопластовий і пластиковий) на вміст фенолів, таніну, загальну антиоксидантну здатність та фенольний склад прополісу. Для збору прополісу використали бджолині сім'ї *Apis mellifera caucasica* та пластикові решітки з отворами 3 мм. Відзначається, що найбільше прополісу зібрано із дерев'яних вуликів тоді, коли у прополісі з пластикових вуликів був найвищий вміст фенолів та загальна антиоксидантна здатність *(Kiziltas and Erkan, 2020).*

Науковцем *Chmielewski (2002)* досліджено 70 зразків прополісу зібраного у Польщі. У дослідних зразках виявлено та ідентифіковано такі ентомологічні об'єкти: *Acarus siro L., Acarus immobilis Griffiths, Tyrophagus longior Gerv., Tyrophagus putrescentiae Schr., Carpoglyphus lactis L., Glycyphagus domesticus, Lepidoglyphus destructor, Melichares tarsalis*

Berl., Cheyletus eruditus Schr., Tarsonemus fusarii Cooreman, Varroa jacobsoni Oud., Stegobium paniceum L., Anthrenus museorum L., Anthrenus verbasci L., Dermestes lardarius L., Dermestes maculatus De Geer, Trogoderma granaria Everts, Ptinus fur L., Tenebrio molitor L., Tribolium madens Charpentier, Apis mellifera L., Paravespula germanica F., Achroia grisella F., Cadra cautella Walker, Ephestia elutella Hubner, Galleria mellonella L., Plodia interpunctella Hubner, Tineola biseliella Hummel, Lepinotus inquilinus Heyden, Liposcelis divinatorius Muller, Lachesilla pedicularia L., Forficula auricularia L., Lepisma saccharina L., Chelifer canroides L. Відзначається, що найбільш забруднені були зразки зібрані класичним способом очищення різних елементів гнізда медоносних бджіл. Зразки зібраного прополісу містили мед, віск, пергу, частки екзоскелету бджіл і це може зумовлювати присутність різних шкідників, що харчуються на різних етапах свого розвитку цими об'єктами. Крім цього зберігання полісу у відкритій тарі та у різних господарських приміщеннях сприяє його контамінації різними ентомологічними об'єктами. Прополіс, котрий був зібраний на дослідній пасіці з використанням пластикових решіток і зберігався у закритій тарі за низьких температур, був найбільш чистим у порівнянні з прополісом із комерційних пасік.

Стимулювання бджолиної сім'ї до накопичення прополісу у гнізді було досліджено з використанням трьох різних модифікацій внутрішніх стінок вулика у порівнянні з немодифікованим вуликом. Дослідники прийшли до висновку, що вид модифікації внутрішніх стінок вулика не відрізняється одна від одної та стимулює бджіл накопичувати прополіс у вулику у більшій кількості ніж не оброблені *(Hodges et al., 2019).* Такий підхід, на нашу думку, може сприяти збільшенню отримання прополісу для комерційного використання. Водночас слід звернути увагу на способи використання ветеринарних препаратів підчас лікування бджолиних сімей з тим, аби не контамінувати наявний запас прополісу у гнізді.

Simone-Finstrom & Spivak, (2012) відзначають, що медоносні бджоли можуть самостійно лікуватися рослинними смолами у відповідь на грибкову інфекцію *(Shanahan et al., 2024).* Результати дослідження показують, що бджолині сім'ї збільшують швидкість пошуку смоли після зараження грибковим паразитом *Ascophaera apis.* Крім цього бджолина сім'я, може реагувати на інфекцію шляхом самолікування, збільшуючи кількість особин, які шукають рослинну смолу.

Bragança Castagnino et al. (2022) відзначають, що за результатами проведеного систематичного огляду встановлено, що прополіс містить речовини з антибактеріальною, противірусною, антиоксидантною та імуностимулюючою дією і використовується бджолами для захисту бджолиних сімей від мікроорганізмів і паразитів. Було проаналізовано 23 наукові публікації за період з 01.01.2009 по 30.04.2020, які стосувалися застосування прополісу для профілактики основних патогенів бджіл: ектопаразита *Varroa destructor,* мікроспоридії *Nosema ceranae,* бактерії *Paenibacillus larvae* та гриба *Ascosphaera apis.* Автори підкреслюють, що наукових робіт із цієї тематики недостатньо, що обґрунтовує потребу у подальших дослідженнях впливу прополісу на здоров'я бджіл. В той же час цей напрям є перспективним для подальшого вивчення.

Наукове обґрунтування збільшення виробництва прополісу для новітніх харчових технологій має враховувати як світові тенденції у технологіях збору, так і біологічні та кліматичні особливості регіону. Україна, розташована в помірному кліматичному поясі, має значний потенціал для виробництва якісного прополісу. Аналіз міжнародного досвіду слід враховувати зокрема і з огляду на ефективність різноманітних зовнішніх колекторів, однак з урахуванням біології бджолиної сім'ї та умов місцевого клімату застосування засобів збору, що розміщуються всередині бджолиного гнізда, є найбільш доцільним та перспективним напрямом. Такий підхід забезпечує стабільні об'єми збору прополісу високої якості, мінімізує ризики контамінації та відповідає вимогам харчових технологій. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію конструкцій внутрішніх засобів збору прополісу з урахуванням поведінкових особливостей бджіл та агротехнічних умов пасік.

7.2. Передумови, методи та типи матеріалів для збору прополісу

Šuran et al. (2021) зазначають, що прополіс збирають за допомогою пластикових решіток або нейлонових сіток. *Karlidağ і Genç (2019)* у своєму дослідженні біоактивних сполук прополісу, зібраного різними методами, також застосовували пластикові решітки. *Abu Fares et al. (2008),* аналізуючи ефективність модифікованих вуликів, використовували алюмінієві та пластикові сітки. *Okhale et al. (2021)* вказують два основні способи збору прополісу: очищення елементів вулика або (як більш прогресивний метод) використання пластикових сіток і решіток. *Tsagkarakis et al. (2017)* досліджували ефективність різних методів збору прополісу: поліпропіленові сітки з отворами 1, 2, 4 мм; пластикова решітка з отворами 3 × 16 мм; модифікована бокова стінка вулика з алюмінієвою пластиною з отворами 450 × 4 мм.

Виробники пластикових сіток і решіток звертають увагу на розмір отворів: занадто великі отвори (>4 мм) часто заповнюються воском, що знижує якість прополісу *(Bankova et al., 2019).*

Таблиця 7.1 Основні характеристики засобів для збору прополісу

№	Назва засобу/Торгова марка	Країна виробник	Матеріал	Зовнішній розмір (мм)	Розмір отворів (мм)	Номер додатку
1	Прополісо-збірник	Не відомо	Пластик	250×140	37x2	Додаток А, рис. А6
2	Прополісо-збірник секційний на 5 рамок			470×185	40x3	Додаток А, рис. А7
3	Пластикова решітка для збору прополісу, ТМ CIVAN	Туреччина		420×500	22x2	Додаток А, рис. А3
4	Прополісо-збірник, ТМ Aslan Petek	Туреччина		490×410	24x2	Додаток А, рис. А2
5	Прополісо-збірник на 10 рамковий вулик	Не відомо		495×410	25x3	Додаток А, рис. А8
6	Решітка для збору прополісу, ТМ Lyson	Польща		420×420	18x2	Додаток А, рис. А4
7	Сітка для збору прополісу, ТМ Stanz Press.	Німеччина	Етилен-вініл-ацетат	Рулон	2x2	Додаток А, рис. А5
8	Сітка для збору прополісу	Україна	Нейлон	420×340	1x1	Додаток А, рис. А9
9	Решітка для збору прополісу з отворами для годування, ТМ Anel	Греція	м’який поліетилен (PE)	420×510	20x2	Додаток А, рис. А1

Аналіз каталогів основних світових виробників *(Thomas Apiculture, Lyson, Melissa-93, ABB-100, Civan, Park Plus, ICKO, Anel, Bienen-Voigt &Warnholz, Giordan Srl, Logar, Dadant)* та реалізаторів пасічницького реманенту дає підстави зробити висновок, що взаємодія прополісу і матеріалу з якого виготовлені засоби для його збору не достатньо вивчені (Табл. 7.1). Крім цього, у науці існує прогалина щодо впливу штучних матеріалів з яких виготовляють засоби

збору на поведінку бджіл під час маніпуляції прополісом у гнізді. Бджоли розріджують прополіс для управління ним як у гнізді, так і в засобах збору *(Dvykaliuk et al., 2022; Örösi-Pál, 1957).* Водночас тверде тіло, що контактує з рідиною, характеризується змочуваністю або незмочуваністю *(Beketov & Shynkarenko, 2022; Yang et al., 2022).* Припускаємо, що визначення змочуваності матеріалу розрідженим прополісом може стати новим критерієм для вибору придатних матеріалів для виготовлення засобів його збору.

Мета цього етапу дослідження – вивчити вплив розміру отворів і типу матеріалу сітки на розрідження прополісу медоносними бджолами. У порівнянні з попереднім дослідженням *(Dvykaliuk et al., 2022)* кількість факторів зведено до двох. Крім того, ми прагнули перевірити гіпотезу, чи використовують бджоли лише хоботок або мандибули для маніпуляцій з прополісом.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

– модифікувати основні параметри розроблених колекторів для збору прополісу;

– застосувати в колекторах три типи сіток і підкладку з певними характеристиками для осідання крапель;

– сформувати експериментальні групи бджолосімей (по три сім'ї в кожній) та дослідити вплив ідентифікованих нами факторів на розрідження прополісу медоносними бджолами.

Методологія досліджень. Дослідження проводилось з 10 червня 2022 року по 10 серпня 2022 року методом інтегральних груп *(Овсянниковим, 1976; Броварським та ін., 2017).* Було сформовано три групи бджолиних сімей – по три сім'ї в кожній – і розміщено на одній ділянці в Броварському районі Київської області (геодані: 50°18′27.60″ пн.ш.; 31°12′32.94″ сх.д.). Бджолині сім'ї утримувалися у вуликах із 22 рамками розміром 435 × 300 мм. Матки у сім'ях були виведені у 2022 році. Утримання сімей здійснювалося відповідно до загальноприйнятої практики на пасіках *(Антоненко та ін., 2018; Грабченко та ін., 2009).* Впродовж усього сезону стільники з пергою з сімей не вилучалося, оскільки білкові корми є надзвичайно важливими для розвитку кормових залоз медоносних бджіл *(Camilli et al., 2021).*

Для проведення дослідження були розроблені колектори, за формою подібні до рамки вулика, методом фокального об'єкта *(Крупа & Литвин, 2016).* 3D-візуалізація (рис. 7.2) колекторів і прогноз дослідження виконувались методом твердотільного моделювання в програмі COMPAS-3D, версія 19.0.16 *(Requicha, 1980; Requicha & Voelcker, 1982).*

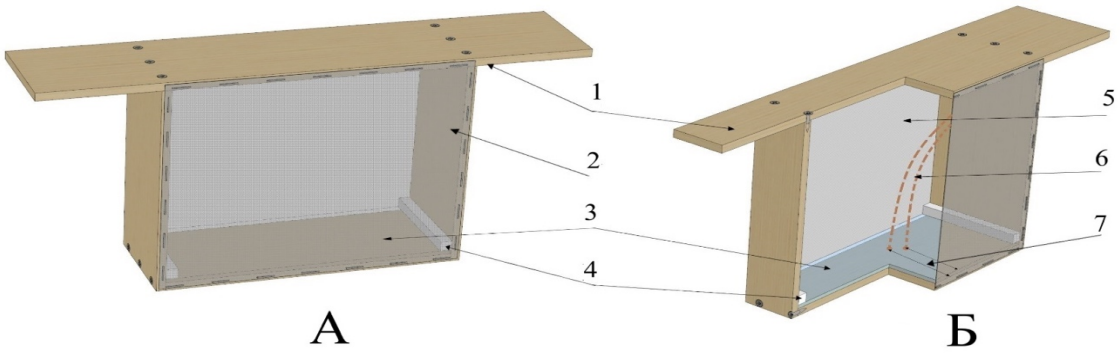


Рисунок 7.2. 3D модель модифікованого колектора з очікуваними результатами дослідження

Примітка: *А – зібрана 3D модель; Б – 3D модель у розріз: 1 – дерев'яна рамка; 2 – сітки трьох типів; 3 – скляна підкладка з встановленою шорсткістю поверхні; 4 – тримач скла; 5 – поліетиленова плівка; 6 – прогнозована траєкторія осідання крапель; 7 – відстань від краю підкладки до центру краплі.*

Колектори виготовлені з деревини сосни *(Pinus sp.).* Розміри: всі стінки – 100 мм завширшки і 8 мм завтовшки, верхня суцільна планка – 470 мм, бокові планки – 200 мм, нижня – 250 мм (рис. 7.2 А). З одного боку колектора прикріплювалася сітка (рис. 7.2 В), з іншого –

поліетилен (прозорий, 200 мікронів, виробник ТОВ «Планета Пластик», Кріплення сіток та поліетилену здійснювалося ручним степлером металевими скобами 10,6 × 8 мм (ТМ Proline). Ширина колектора 100 мм була обрана для перевірки, чи надають бджоли імпульс розрідженому прополісу під час його маніпуляції. Було сформовано три групи колекторів (Т-1, Т-2, Т-3) – по три колектори в кожній. Відмінність між ними полягала у типі сітки (за площею й матеріалом). За формою та принципом дії колектори відповідали тим, що застосовувались у попередньому дослідженні *(Dvykaliuk et al., 2022).*

Сітки були придбані в інтернет-магазинах для бджільництва (Парк Плюс та Улей Ін). Вимірювання розмірів отворів у сітках здійснювались за допомогою стереомікроскопа Konus Crystal ТМ 7x-45x та відеокамери Sigeta ТМ MCMOS 5100, 5.1 Мп, із програмним забезпеченням ToupTek ToupView (версія 4.11.19728.20211022). Дослідження матеріалу сіток проводилось у лабораторії Київського науково-дослідного інституту судових експертиз (КНДІСЕ), Україна, м. Київ, вул. Смоленська, 6. Склад сіток перевірявся методом ІЧ-спектроскопії з використанням ІЧ-мікроспектрометра Nicolet iN10 (Thermo Scientific, США) у режимі «відбиття-проходження», програмне забезпечення Omnic 9 *(Song et al., 2021).* Для кожного типу сітки вимірювали 10 отворів (N = 10, n = 1).

Під час встановлення колекторів у вулики для контролю кутів нахилу пристроїв використовувався рівень з бульбашкою D100/60 × 20 мм ±5°, ТМ Kinex (Чехія). Колектори встановлювалися так, щоб їхні верхні й нижні частини були паралельні до землі, а передня і задня стінки — перпендикулярні.

Для осідання крапель прополісу на дно колекторів вкладалися скляні підкладки: довжина – 250 мм, ширина – 100 мм, товщина – 1,8 мм; виробник – ВАТ «Київський завод скловиробів» (Україна, м. Київ, вул. Машинобудівна, 42). Скло розташовували так, щоб одна його сторона прилягала до сітки. Підкладки очищували в два етапи: промивали в 90% етиловому спирті (з обох боків – усі 9 зразків), потім ополіскували дистильованою водою та висушували *(Saccardi et al., 2021).* Відсутність сторонніх включень перевіряли під мікроскопом ТМ Konus Crystal 7x-45x. Транспортування здійснювалось у спеціальній тубі, що захищала зразки від пилу, забруднень та пошкоджень.

Дослідження тривимірного рельєфу поверхні скляних підкладок проводилось за допомогою інтерференційного профілометра Micron-alpha (Україна, Київ). Було зафіксовано по три ділянки розміром 130 × 50 мкм на кожному зразку (Додаток Г). Для кількісної оцінки рельєфу використовували параметри шорсткості Ra і Rz. Розрахунок проводився по п’яти паралельних базових лініях довжиною 80 мкм у межах досліджених ділянок. Дослідження виконувалось у лабораторії аерокосмічного факультету Національного авіаційного університету (Україна, м. Київ) *(Zakiev et al., 2005; 2020).*

Вимірювання діаметра крапель, відстані від центру краплі до краю скла, що прилягає до сітки, а також відхилення лінії контакту краплі від округлості проводилось у лабораторії Приватного НДПП «Мікротех» (Україна, Кам’янець-Подільський). Для цього використовувався відеомікроскоп Aberlink Project X PRX-C (Aberlink, Велика Британія) з вбудованим ПК та ПЗ Aberlink 3D. Режим – автоматичний. Дискретність — 0,5 мкм. Точність – 7,5 мкм. Лабораторія відповідає вимогам ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019. На кожній скляній підкладці вимірювали параметри 50 крапель прополісу (N = 50, n = 1), тобто по 150 крапель у кожній групі (Т-1, Т-2, Т-3).

Для статистичного аналізу даних використовувалась мова програмування R (RStudio, версія 4.2.1), для візуалізації – пакет «ggplot2». Для перевірки нелінійної залежності застосовувався коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (ρ Спірмена). Попередньо розподіл даних перевіряли на нормальність за допомогою тесту Шапіро-Вілка ($p < 0,05$), функція shapiro.test з пакету Stats. Для аналізу розподілу діаметрів, відхилення контактної лінії від округлості та відстані до центру краплі від краю підкладки застосовувався критерій Крускала-Волліса. Цей непараметричний метод дозволив порівняти медіани даних, які могли не відповідати умовам нормального розподілу або мати неоднорідні дисперсії. Через значні варіації значень та можливу наявність викидів використання критерію Крускала-Волліса

забезпечило надійність оцінки статистичних відмінностей. Також був застосований t-тест Велча. Це дозволило оцінити, чи відбуваються статистично значущі зміни розміру крапель прополісу між групами. Для парного порівняння використовувався критерій Манна-Вітні для оцінки статистичних відмінностей у діаметрах крапель, відхиленні лінії контакту та відстані від краю підкладки до центру краплі між двома вибірками. Цей метод було обрано за його непараметричний характер і здатність точно оцінювати відмінності між центральними тенденціями розподілів незалежно від їхньої форми.

7.3. Результати експериментальних досліджень використання колекторів з різним типом сіток

Шорсткість поверхні – один із чинників, що може впливати на змочувальні властивості твердого тіла рідиною. Рельєф поверхні твердого тіла впливає на геометрію крапель *(Kubyshkina et al., 2020).* Чим вища шорсткість, тим виразніше проявляються властивості поверхні до притягнення або відштовхування рідини *(Teletzke et al., 1987; Kumar et al., 2022).*

Визначення параметрів шорсткості підкладки проводили методом тривимірного вимірювання рельєфу поверхні 9 скляних зразків за допомогою профілометра Micron-alpha (Україна, Київ). На поверхні кожного зразка було зафіксовано три ділянки розміром 130×50 мкм. Для кількісної оцінки рельєфу поверхні використовували параметри шорсткості Ra та Rz. Обчислення параметрів шорсткості виконували за п'ятьма паралельними базовими лініями довжиною 80 мкм у межах зареєстрованих ділянок відповідно до ДСТУ 2413-94 (1994) та ДСТУ ISO 4287:2012 (2015).

У результаті вимірювання шорсткості поверхні скляних підкладок отримано показники основних параметрів Ra, мкм та Rz, мкм. У групі колекторів Т-1 використовували скляні підкладки з Ra, мкм – 0.0019091±0.0000308 (Cv, % – 4,832), Rz, мкм – 0,0095097±0,0000938 (Cv, % – 2,959). Група Т-2 – підкладки з Ra, мкм – 0,0019099±0,0000288 (Cv, % – 4,526), Rz, мкм – 0,0093269±0,0001107 (Cv, % – 3,559). У групі Т-3: Ra, мкм – 0,0018858±0,0000343 (Cv, % – 5,457), Rz, мкм – 0,0092616±0,0001549 (Cv, % – 5,018) (Додаток В). Різниця між групами є незначною, тому можна припустити, що вона не впливає на діаметр і відхилення від круглої форми крапель прополісу, які осідають на підкладках. Однак це потребує подальшого дослідження для остаточного висновку.

За результатами 3D моделювання було створено 9 колекторів – по 3 в кожній групі. З одного боку колектори були закриті прозорою поліетиленовою плівкою, що дозволяло візуально оцінити стан підкладки і запобігало відкладенню прополісу бджолами з цього боку. З іншого боку було прикріплено сітку розміром 270×220 мм, яка дозволяла бджолам наносити прополіс (Додаток Б).

Усі 9 колекторів були виготовлені за зразком, показаним на рис. 7.2. Відмінність між групами полягала в матеріалі сітки (рис. 7.2 В) і площі отворів у ній. Група Т-1: сітка з EVA, площа комірки 3.91±0.14 мм² (рис. 7.3, В). Група Т-2: поліетиленова сітка, площа комірки 10.69±0.20 мм² (рис. 7.3, А). Група Т-3: нейлонова сітка, площа комірки 0.87±0.01 мм² (рис. 7.3, Б). Жодні інші подразники або стимулятори для накопичення прополісу не застосовувалися, лише отвори в сітках *(Borba et al., 2015; Simone-Finstrom, 2017; Dvykaliuk et al., 2022).* Такий підхід, на нашу думку, дозволяє відтворити природний процес нанесення прополісу.

Колектори були одночасно розміщені у всіх бджолиних сім'ях. Бджоли закривали сітки й отвори у тому ж порядку, що і на першому етапі дослідження (Dvykaliuk et al., 2022). Інспекція здійснювалася через прозору стінку (рис. 7.2, Б5). Не застосовували підгодівлю або лікування. У всіх колекторах спостерігалося накопичення воскових крихт і утворення крапель прополісу на різних відстанях від краю підкладки (рис. 7.2, Б7).

Після завершення активного сезону всі колектори були одночасно вилучені (Додаток Е). Підкладки зі склом, на яких утворилися краплі прополісу та воскові крихти, було вилучено та перевезено в дерев'яних контейнерах до лабораторії. Вимірювання проводили

відеомікроскопом Aberlink Project X PRX-C 50. Вимірювали діаметр крапель, відхилення лінії контакту від круглої форми, відстань до центру краплі від краю скла.

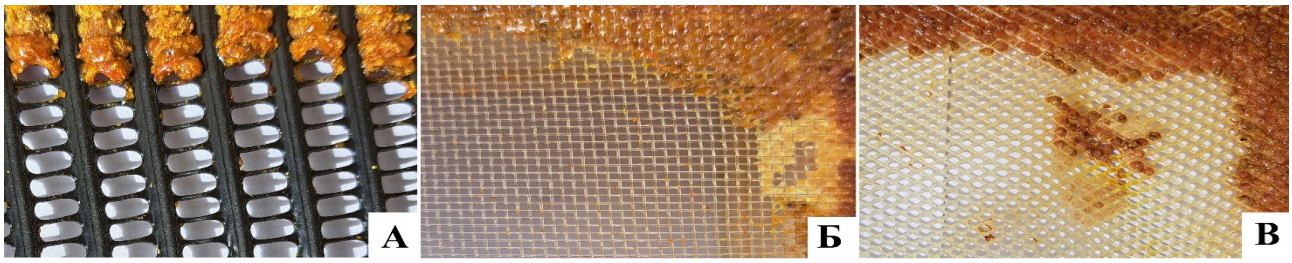


Рисунок 7.3. Зображення застосованих сіток

Примітка: А – поліетилен; Б – нейлон; В – EVA.

На кожній скляній підкладці за допомогою вимірювального відеомікроскопа Aberlink Project X PRX-C 50 були виміряні випадково вибрані краплі прополісу з чітко визначеними контурами, розташовані на різних відстанях від краю підкладки (Додаток Ж). Ми вимірювали діаметр краплі; відхилення лінії контакту краплі від ідеальної округлості; відстань від краю підкладки колектора до центру краплі. Відхилення лінії контакту краплі від округлості у нашому випадку демонструвало рівномірність розтікання розрідженого прополісу на поверхні з відомими характеристиками, тоді як відстань від краю скляної підкладки – це зусилля, яке було прикладене до краплі прополісу, щоб відштовхнути її від місця прикріплення.

У групі колекторів Т-1 середнє значення діаметра краплі становило 0,674±0,025 мм, при середньому відхиленні лінії контакту краплі від округлості 0.029±0.003 мм та середній відстані від краю підкладки до центру краплі 23,134±1,426 мм (N = 150, n = 1). Колектори групи Т-2 мали середній діаметр краплі 0,477±0,020 мм при середньому відхиленні лінії контакту краплі від округлості 0,051±0,003 мм та середній відстані від краю підкладки до центру краплі 34,520±1,930 мм (N = 150, n = 1). Колектори групи Т-3 мали середній діаметр краплі 0,535±0,020 мм при середньому відхиленні лінії контакту краплі від округлості 0,037±0,004 мм та середній відстані від краю підкладки до центру краплі 26,177±1,510 мм (N = 150, n = 1) (Додаток Д).

Узагальнені результати описового статистичного аналізу даних по групах відображені на діаграмі Box-Whisker (рис. 7.4). Група колекторів Т-1 містила краплі прополісу із середнім діаметром M=0.674 мм (Me=0.654 мм), що відображає більшу центральну тенденцію серед усіх груп. Варіативність розмірів крапель є значною, з дисперсією σ^2=0.097 мм та стандартним відхиленням σ=0.312 мм. Діапазон розмірів коливається від мінімуму Min=0.124 мм до максимуму Max=1.662 мм, при першому квартилі Q_1=0.425 мм та третьому квартилі Q_3=0.868 мм, що підкреслює ширший розподіл розмірів крапель у цій групі.

Діаметр крапель у групі Т-2 має нижчі значення середнього M=0.477 мм (Me=0.393 мм), що свідчить про загалом менші розміри крапель у цій групі. Менша дисперсія σ^2=0.060 мм і стандартне відхилення σ=0.245 мм вказують на нижчу варіативність. Межі розмірів встановлені на мінімальному значенні Min=0.095 мм і максимальному Max=1.484 мм, за Q_1=0.293 мм та Q_3=0.649 мм, що підкреслює вужчий розподіл.

Отримані дані за результатами вимірювання діаметра крапель вказують на те, що група Т-3 займає проміжне положення серед груп із середнім значенням M=0.535 мм (Me=0.459 мм). За дисперсією σ^2=0.063 мм та стандартним відхиленням σ=0.251 мм варіативність розміру крапель є порівнянною з групою Т-2. Мінімальні та максимальні значення – Min=0.098 мм та Max=1.454 мм відповідно, при Q_1=0.355 мм та Q_3=0.666 мм – також вказують на помірний розподіл розмірів.

Загалом, група Т-1 демонструє найбільшу варіативність та загальний розмір крапель, тоді як групи Т-2 та Т-3 мають менші середні розміри та меншу варіативність, причому група Т-2 є найбільш однорідною за розміром крапель.

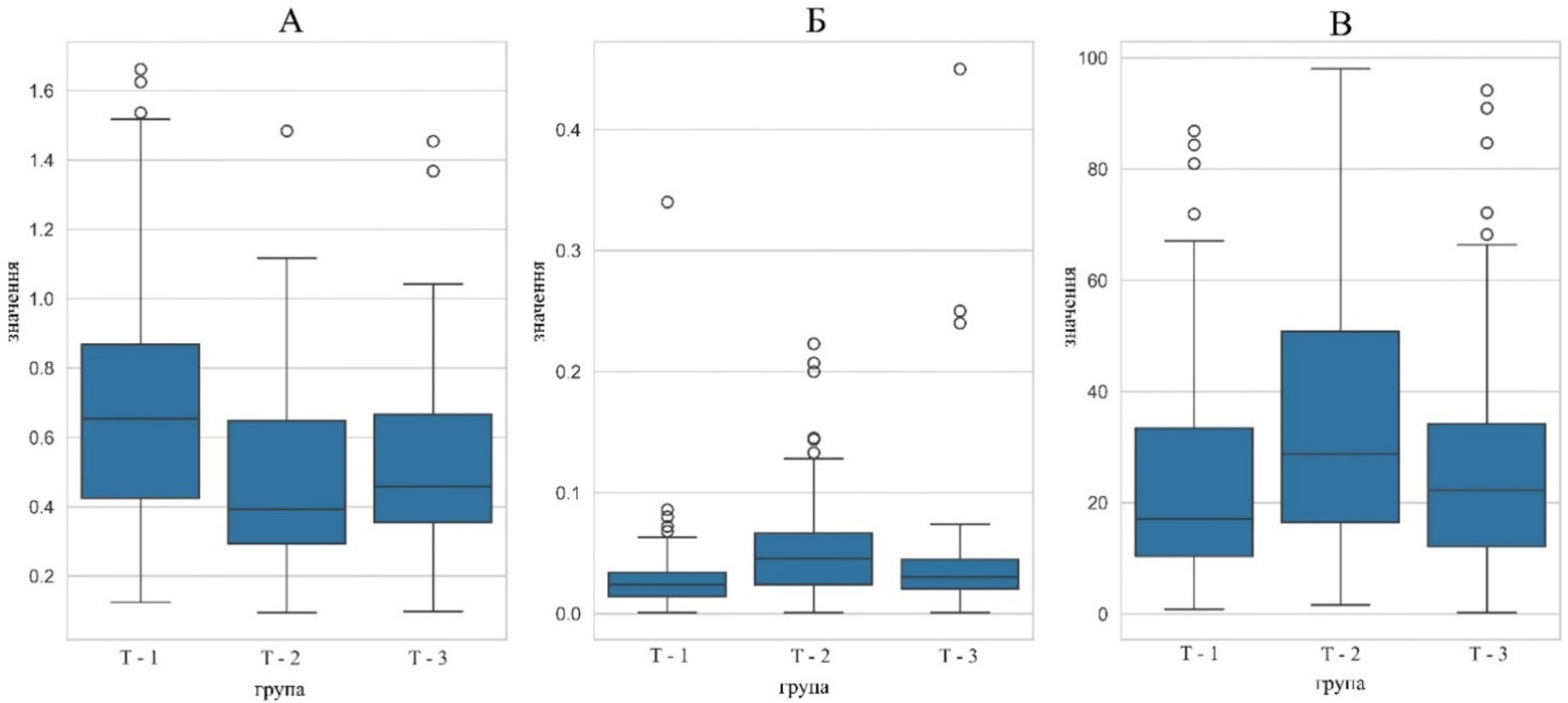


Рисунок 7.4. Порівняння результатів вимірювання діаметра, відхилення лінії контакту від округлості, відстані від краю скла до центру крапель прополісу за групами

Примітка: *А – діаметр краплі; Б – відхилення лінії контакту краплі від округлості; В – відстань до центру краплі.*

Критерій Крускала-Уолліса (Kruskal-Wallis) показав значущу статистику H=38.81, p<0.0001, що вказує на наявність статистично значущих відмінностей у медіанних значеннях діаметрів крапель, виміряних у міліметрах, між групами. t-критерій Велча (Welch's t-test) для парного порівняння підтвердив суттєві відмінності між групами Т-1 і Т-2 (t=6.08, p<0.0001, df = 149), Т-1 і Т-3 (t=4.27, p<0.0001, df = 149), а також виявив менш виражену різницю між Т-2 і Т-3 (t=−2.00, p=0.0461, df = 149), що свідчить про наявність статистичних відмінностей у середніх діаметрах між цими групами.

Критерій U Манна-Уїтні (Mann- Whitney U) також показав значущі відмінності між парами: Т-1 і Т-2 (U=15769.00, p<0.0001), Т-1 і Т-3 (U=14266.00, p<0.0001), Т-2 і Т-3 (U=9423.50, p=0.0151), що підтверджує наявність статистично значущих відмінностей у розподілі діаметрів крапель між цими парами (рис. 7.4, А). Група колекторів Т-1 (рис. 7.4, В) містить краплі прополісу з найменшим середнім відхиленням лінії контакту від округлості, де M=0.029 мм (Me=0.024 мм), що свідчить про менше загальне відхилення від округлості. Низька дисперсія σ^2=0.0009 мм і стандартне відхилення σ=0.031 мм вказують на щільне згрупування даних та однорідність лінії контакту краплі. Мінімальне відхилення Min=0.001 мм і максимальне Max=0.340 мм ілюструють широкий діапазон окремих вимірювань, тоді як квартилі Q_1=0.014 мм та Q_3=0.034 мм окреслюють середній діапазон, в якому розміщується більшість даних.

Краплі прополісу на скляній підкладці групи колекторів Т-2 мають середнє відхилення M=0.051 мм (Me=0.046 мм), що є найбільшим серед трьох груп. Значення дисперсії σ^2=0.0015 мм і стандартного відхилення σ=0.039 мм підкреслюють вищий рівень варіації відхилень у цій групі. Мінімальне відхилення, як і в Т-1, становить Min=0.001 мм, але максимальне є значно меншим – Max=0.223 мм. Перший квартиль Q_1=0.024 мм і третій Q_3=0.067 мм свідчать про ширший діапазон, у якому розміщується середні 50% вимірювань.

У групі Т-3 відхилення лінії контакту від округлості в краплях прополісу має середнє значення M=0.037 мм (Me=0.030 мм), що вище, ніж у Т-1, але нижче, ніж у Т-2. Відхилення лінії контакту характеризуються найбільшою дисперсією σ^2=0.0020 мм і стандартним відхиленням σ=0.045 мм, що вказує на найбільшу нерівномірність крапель. Незважаючи на те, що мінімальне відхилення Min=0.001 мм є подібним до інших груп, максимальне відхилення значно перевищує їх, досягаючи Max=0.450 мм. Квартилі Q_1=0.020 мм і Q_3=0.045 мм визначають межі, у яких розміщується основна частина вимірювань.

Загальний аналіз свідчить про те, що група Т-2 має найбільші середні та медіанні відхилення, що вказує на значні відхилення від округлості, тоді як групи Т-1 і Т-3 мають менші середні відхилення; при цьому Т-3 демонструє найбільшу варіативність, що вказує на найширше різноманіття форм серед крапель прополісу.

Для оцінки відмінностей у відхиленні лінії контакту краплі від округлості між трьома групами (Т-1, Т-2, Т-3) був використаний критерій Крускала-Уолліса (Kruskal-Wallis). За результатами тесту статистика H=44.90 за p<0.0001 свідчить про наявність значних відмінностей між групами за медіанними значеннями. t-критерій Велча (Welch's t-test) показав найбільші статистично значущі відмінності між групами Т-1 і Т-2, де значення (t=−5.56, p<0.0001, df=149) вказують на значно більш виражені відмінності порівняно з іншими парами. Для пари Т-1 і Т-3 статистичні значення (t=−1.99, p=0.0477, df=149) також підтверджують наявність відмінностей, хоча вони менш виражені, ніж у парі Т-1–Т-2. Водночас порівняння між групами Т-2 і Т-3 з результатами t=2.80, p=0.0054, df=149 вказує на значущі, але менш критичні відмінності, ніж у парі Т-1–Т-2.

Ці результати підкреслюють ступінь варіацій у відхиленні лінії контакту краплі прополісу від округлості між різними групами. Критерій U Манна-Уїтні (Mann- Whitney U) показав, що найбільш значні відмінності спостерігалися між групами Т-2 і Т-3 (U=14318.00, p<0.0001), що свідчить про істотні відмінності. Для порівняння, відмінності між групами Т-1 і Т-2 також є значущими, але з меншою статистикою (U=6444.50, p<0.0001), що вказує на меншу, але все ж істотну відмінність. Існують відмінності між Т-1 і Т-3 (U=8889.00, p=0.0017),

хоча вони не такі виражені, як між Т-2 і Т-3; це вказує на помірні відмінності порівняно з іншими парами.

Було проведено статистичний аналіз даних, отриманих у результаті вимірювання відстані від краю скляних підкладок до центру крапель прополісу в трьох групах Т-1, Т-2, Т-3. Група Т-1 має середню відстань M=23.134 мм (Me=17.093), що свідчить про те, що краплі цієї групи в середньому розташовані ближче до краю підкладки. Низькі значення дисперсії σ^2=304.836 та стандартного відхилення σ=17.460 вказують на меншу розкиданість у розташуванні крапель. Мінімальна зафіксована відстань Min=0.856 мм і максимальна Max=86.867 мм, разом із першим квартилем Q_1=10.368 мм і третім квартилем Q_3=33.412 мм, дають уявлення про розподіл крапель у групі.

Група колекторів Т-2 має найвищу середню відстань M=34.520 мм (Me=28.771 мм), що вказує на тенденцію крапель цієї групи віддалятися від краю підкладки. Набагато вища дисперсія σ^2=558.733 мм і стандартне відхилення σ=23.638 мм підкреслюють велику варіативність положення крапель. Мінімальні (Min=1.623 мм) та максимальні (Max=97.996 мм) відстані, а також квартилі Q_1=16.440 мм і Q_3=50.793 мм, відображають широкий діапазон розташування крапель відносно краю скляної підкладки. Група колекторів Т-3 характеризується середньою відстанню M=26.177 мм (Me=22.242 мм), що розміщує краплі між значеннями відстаней груп Т-1 і Т-2 щодо віддаленості від краю. При дисперсії σ^2=341.872 і стандартному відхиленні σ=18.490 мм спостерігається помірна варіативність положення крапель. Відстані Min=0.271 мм і Max=94.156 мм разом із квартилями Q_1=12.105 мм і Q_3=34.159 мм дають більш повне уявлення про розташування крапель у цій групі.

Таким чином, аналіз показує, що група Т-2 має найбільшу середню відстань і найширшу варіативність положення крапель, що свідчить про найвищу тенденцію крапель віддалятися від краю підкладки. З іншого боку, група Т-1 демонструє найменшу середню відстань і меншу варіативність, що свідчить про більшу схильність крапель осідати ближче до краю скляної підкладки.

Для оцінки відмінностей у відстані від краю скляної підкладки до центру осілих крапель прополісу в групах Т-1, Т-2, Т-3 був використаний критерій Крускала-Уолліса. Згідно з результатами тесту, статистика H=20.34 при p<0.0001 вказує на наявність значущих відмінностей між групами за медіанними значеннями в цілому.

t-критерій Велча показав найбільші статистично значущі відмінності між групами Т-1 і Т-2, де значення (t=−4.75, p<0.0001, df=149) вказують на значно більш виражені відмінності порівняно з іншими парами. Для пари Т-1 і Т-3 статистичні значення t=−1.47, p=0.1439, df=149 свідчать, що відмінності між цими групами не є статистично значущими, особливо в порівнянні з іншими парами Т1–Т2 та Т2–Т3. Водночас порівняння між групами Т-2 і Т-3 з результатами t=3.40, p=0.0008, df=149 вказує на значущі, але менш критичні відмінності, ніж у парі Т-1–Т-2.

Пара Т1–Т3 демонструє менші відмінності, що може свідчити про більшу схожість у відстанях до центра крапель у цих двох групах. Критерій Манна-Уїтні показав, що найбільш значущі відмінності спостерігалися між групами Т-1 і Т-2 (U=7961.50, p<0.0001); існують статистично значущі відмінності між цими групами, що демонструють більшу однорідність або меншу варіативність відстаней від краю підкладки до центру крапель у порівнянні з іншими парами. Порівняно з цим, відмінності між групами Т1 і Т3 також є значущими, але з нижчими статистичними значеннями (U=9900.00, p=0.0724), що вказує на відсутність статистично значущих відмінностей, що може означати, що розташування крапель у цих двох групах є більш подібним. Водночас пара Т2–Т3 зі статистикою U=13390.00, p=0.0044 також демонструє значущі відмінності, але менш виражені, ніж у парі Т1–Т2, що підкреслює варіацію положення крапель між цими групами.

Отже, аналіз відстаней до центра крапель прополісу виявляє найбільшу однорідність для пари Т1–Т2, що підкреслює схожість у положенні цих крапель порівняно з іншими двома парами, де Т1–Т3 демонструє тенденцію до подібності, а лише Т2–Т3 має помірні статистичні відмінності.

Діаграми розсіювання демонструють парні залежності між просторовими параметрами крапель прополісу, що сформувалися на скляній підкладці після їх відділення від ротового апарату медоносних бджіл у трьох експериментальних групах: Т-1 (сітка з EVA, площа осередку 3.91±0.14 мм²), Т-2 (поліетиленова сітка, 10.69±0.20 мм²) та Т-3 (нейлонова сітка, 0.87±0.01 мм²) (див. рис. 7.4 A–B).

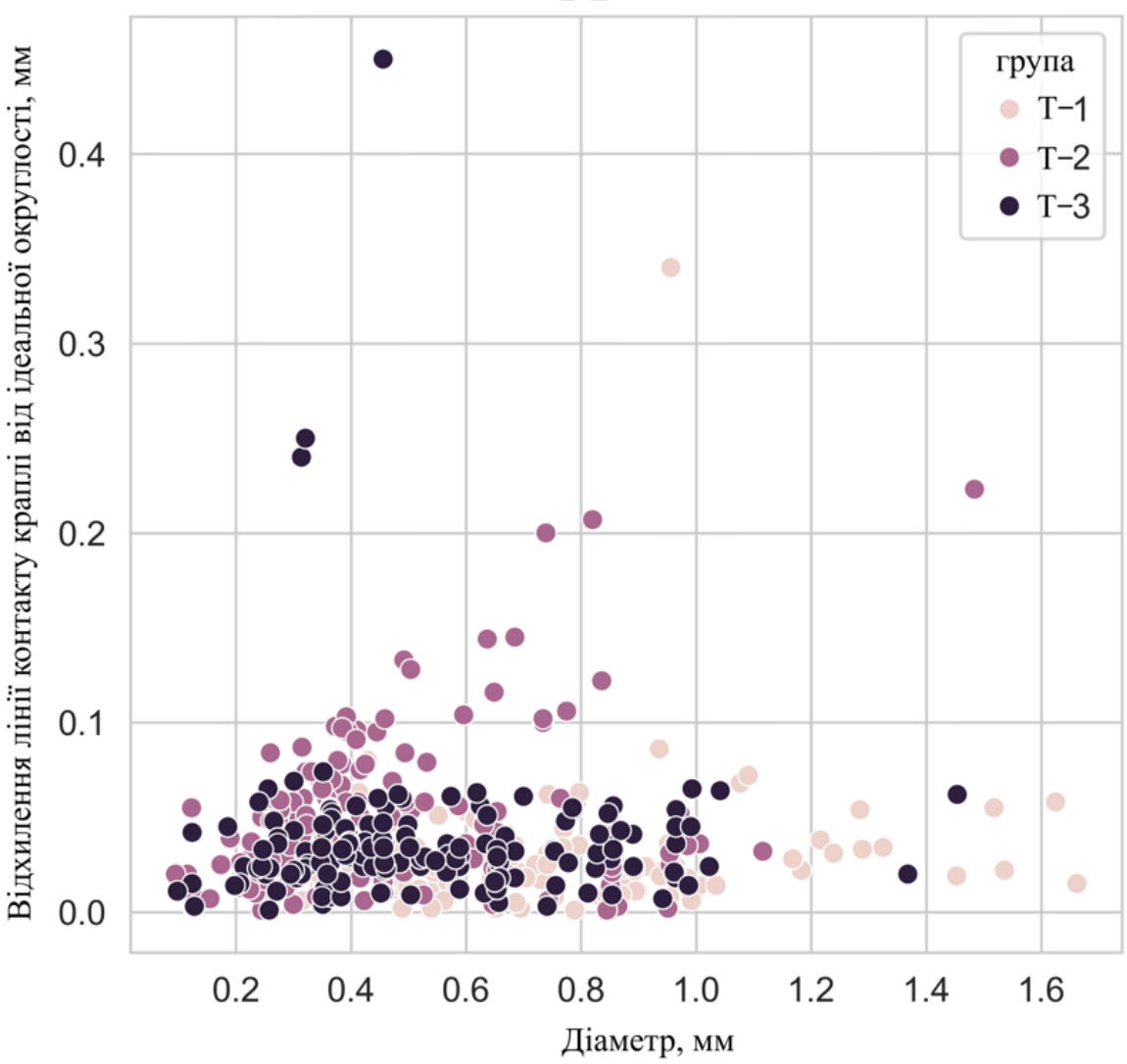


Рисунок 7.5. Візуальна оцінка та відображення кореляції за парами вимірювань А між групами Т-1, Т-2, Т-3

Рис. 7.5 А форма краплі у значній мірі визначається об’ємом початкового фрагмента смоли, який переносить бджола, та ступенем його розрідження в процесі ферментативної обробки. У групі Т-1 спостерігається тенденція до формування крапель більшого діаметра з мінімальними геометричними викривленнями, що може свідчити про вищу стабільність співвідношення об'єму смоли і ступеня розрідження. Краплі групи Т-2 краплі меншого діаметра частіше демонструють підвищену асиметрію, що ймовірно пов’язано із меншим об'ємом смоли або сильнішим її розрідженням, що знижує в'язкість і призводить до більшої деформації при контакті зі склом. У групі Т-3 спостерігається значна варіативність як за діаметром, так і за відхиленням форми краплі, що може бути зумовлено коливаннями у розмірі фрагментів смоли, які транспортуються бджолами, а також неоднорідністю ступеня їх розрідження. Загалом, результати свідчать про те, що можливо фізико-хімічні властивості смоли, зумовлені біологічною поведінкою бджіл, мають вирішальний вплив на геометричні параметри крапель прополісу.

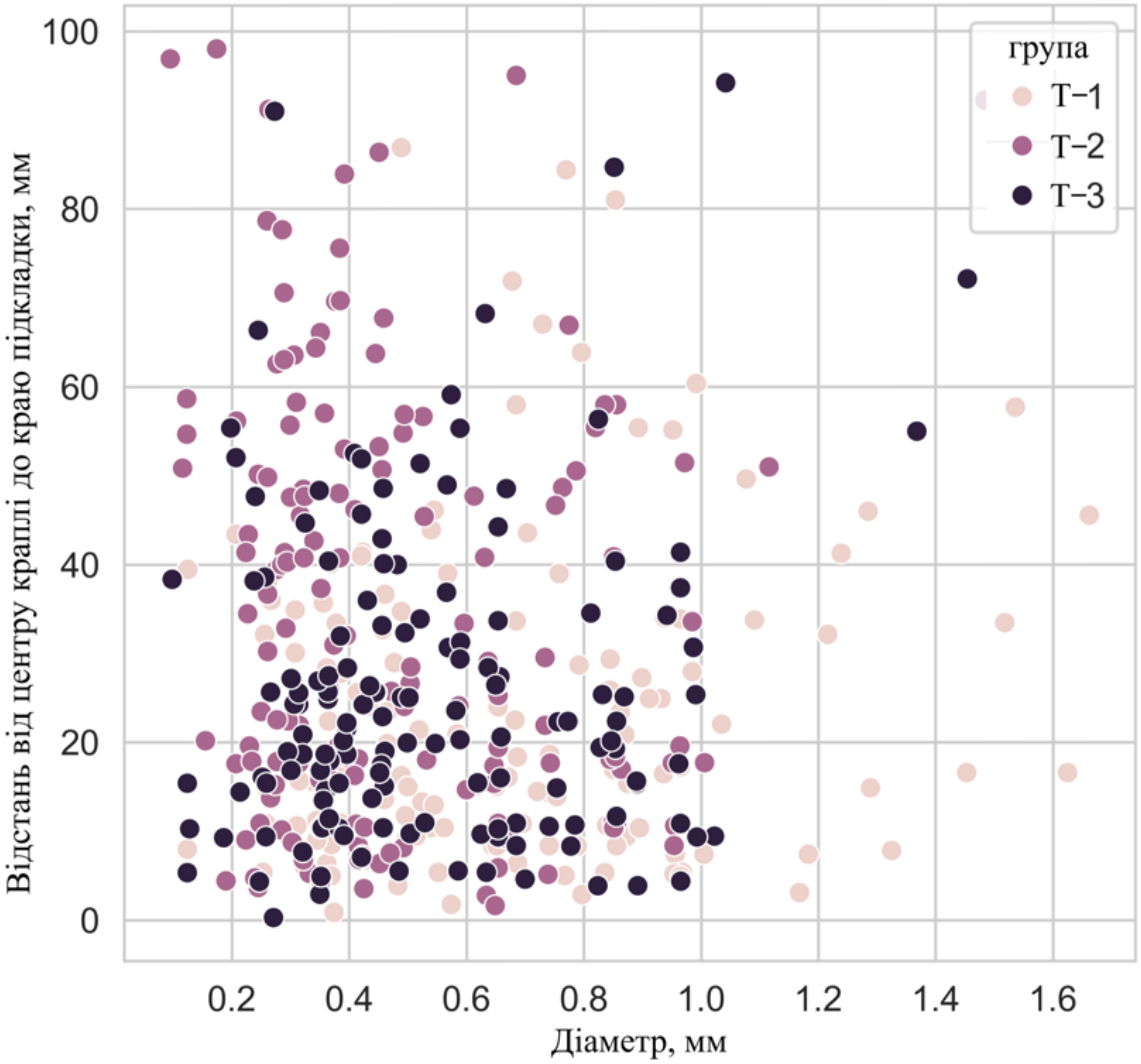


Рисунок 7.6. Візуальна оцінка та відображення кореляції за парами вимірювань Б між групами Т-1, Т-2, Т-3

На рис. 7.6 Б відображено залежність між діаметром краплі та відстанню від центру краплі до краю скляної підкладки. Розташування краплі на підкладці відображає динаміку процесу її відриву та переміщення, яка визначається насамперед об'ємом фрагмента смоли, ступенем її розрідження, а також силою, з якою бджола штовхає краплю через отвір сітки.

Тип сітки та площа її осередків опосередковано можуть впливати на цей процес, оскільки при більшому отворі бджола має можливість внести більший фрагмент смоли або адаптувати ступінь її розрідження для ефективного переміщення. У групі Т-1 (сітка з EVA, площа осередку 3.91±0.14 мм², рис. 7.6 Б) спостерігається найбільший розкид як за діаметром краплі, так і за відстанню до краю підкладки. Це свідчить про високу варіативність об'єму фрагментів смоли та сили їх переміщення через отвір. Така поведінка може бути зумовлена середнім розміром отвору, який дає бджолі певну "свободу вибору" щодо розміру та обробки фрагментів смоли. У групі Т-2 (поліетиленова сітка, площа осередку 10.69±0.20 мм², рис. 7.5 А) краплі в середньому розташовані далі від краю підкладки, однак мають більш компактний розподіл. Це може бути наслідком того, що при великому отворі бджоли транспортували більші фрагменти смоли з більшою масою, що забезпечувало більший імпульс при падінні краплі, але при цьому формування таких фрагментів відбувалося більш стереотипно, з меншою варіативністю. Група Т-3 (нейлонова сітка, площа осередку 0.87±0.01 мм²) демонструє найкомпактніше розташування крапель, із помірною варіативністю діаметра та відстані до краю. Це може бути пов’язано з тим, що малий розмір отвору обмежував розмір

фрагментів смоли, які бджола могла транспортувати, що призводило до більш однорідного формування крапель.

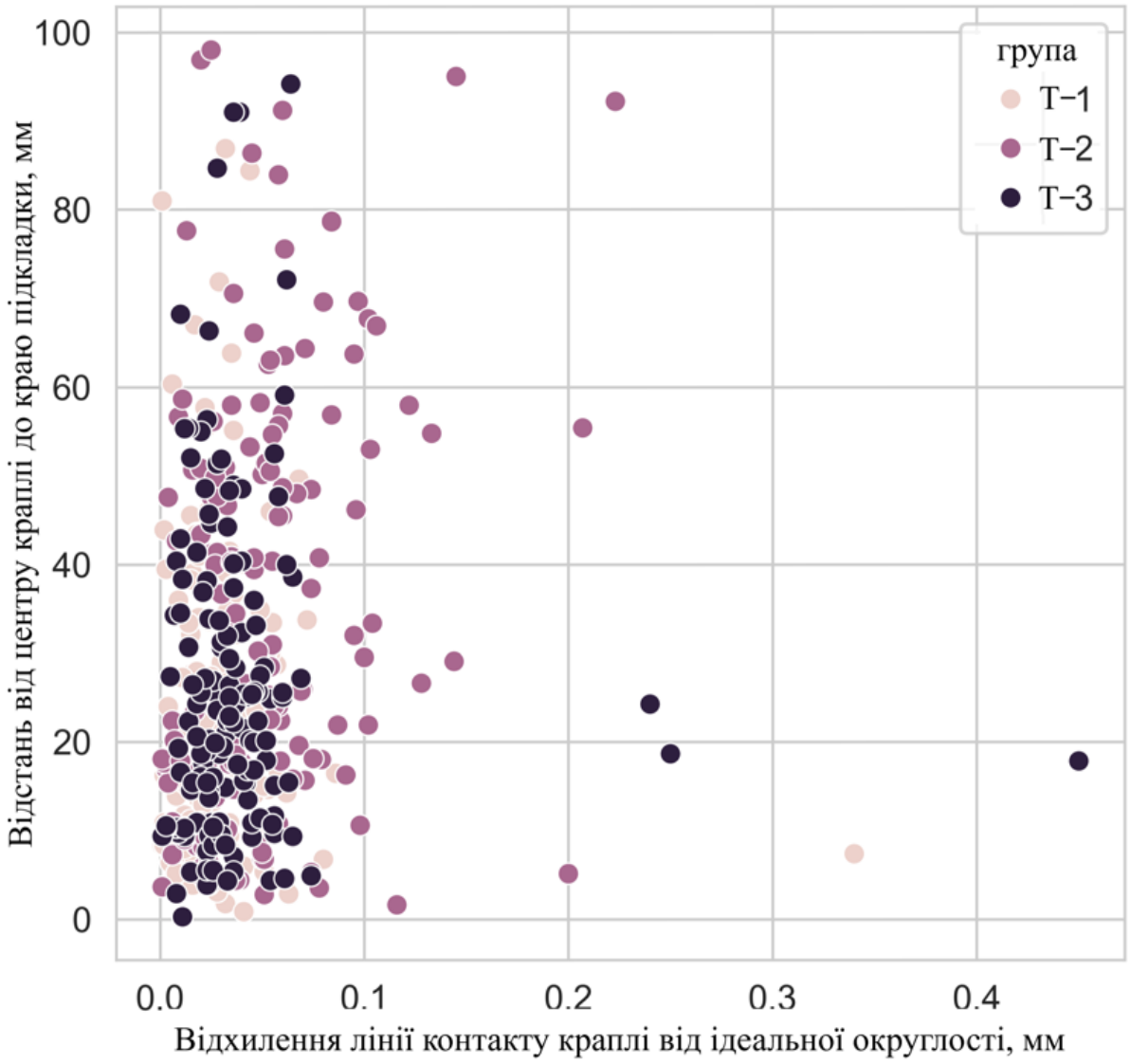


Рисунок 7.7. Візуальна оцінка та відображення кореляції за парами вимірювань А-3 між групами Т-1, Т-2, Т-3

Рис. 7.7 відображає співвідношення між відхиленням лінії контакту краплі від ідеальної округлості та відстанню до краю підкладки. Ці параметри відображають, з одного боку, стабільність геометрії краплі після її осідання, а з іншого — кінетичні характеристики переміщення краплі, які залежать від маси фрагмента смоли, сили поштовху бджоли та фізико-хімічних властивостей прополісу. Розмір осередків сітки (група Т-1: EVA, 3.91±0.14 мм²; Т-2: поліетилен, 10.69±0.20 мм²; Т-3: нейлон, 0.87±0.01 мм²) може опосередковано впливати на ці процеси, створюючи різні умови для формування та переміщення краплі. У групі Т-1 спостерігається найнижча розкиданість відхилення форми краплі, що свідчить про стабільну геометрію при помірних відстанях до краю підкладки. В той час як у групі Т-2 помітна тенденція до зростання деформації форми краплі із збільшенням відстані, що може бути зумовлено переміщенням більш масивних або менш в'язких фрагментів смоли через великий отвір із прикладанням більшої сили. Група Т-3 демонструє високу стабільність форми крапель навіть при різних відстанях до краю підкладки, що може свідчити про те, що малий отвір обмежує розмір фрагмента смоли і сприяє формуванню геометрично стійких крапель, хоча сама траєкторія переміщення може бути більш варіативною.

Загалом дані отримані на нашу думку попередньо свідчать про те, що положення краплі на підкладці залежить від взаємодії фізико-хімічних властивостей прополісу, розміру фрагментів смоли, які транспортують бджоли, та особливостей їх поведінки у момент відкладання, а також конструктивних характеристик сітки, які задають певні "рамки" для цієї поведінки.

Згідно з результатами статистичного аналізу за такими парами вимірювань як А-1, А-2, А-3, величини зв'язку в основному є «дуже слабкими» (значення від 0 до 0.3). Лише для зразків №4 і №6, які входять до однієї групи Т-2, спостерігалося значення сили зв'язку «середнє» (значення від 0.5 до 0.7) між факторами «діаметр краплі» і «відхилення лінії контакту краплі від округлості».

У попередньому дослідженні ми використовували одну й ту саму сітку із середньою площею комірки 3.911±0.14 мм² (N=10), виготовлену з етиленвінілацетату (EVA), в усіх 9 колекторах (рис. 7.3, В). В одній з груп колекторів не використовували жодних стимуляторів, у двох інших – застосовували отвір для порушення мікроклімату гнізда та гніт, змочений ефірною олією. В усіх цих колекторах у результаті з'явилися краплі прополісу різного діаметра. Крім того, сітки в колекторах були з обох боків. У першому дослідженні ми не могли пояснити, з якого саме боку сформувалася крапля *(Dvykaliuk et al., 2022).* Тому в цьому дослідженні ми розмістили сітку лише з одного боку, а з іншого – поліетиленову плівку. На відміну від попередньої дерев'яної основи колектора, ми використали скло як підкладку. Адгезивні властивості прополісу до скляної підкладки були досліджені *Saccardi et al. (2021).*

Örösi-Pál (1957) вперше встановив, що медоносні бджоли використовують фермент мандибулярної залози для розрідження прополісу та воску. Що цей фермент присутній на мандибулах бджіл, які приносять і маніпулюють прополісом, було підтверджено *Saccardi et al. (2022)*. У своєму дослідженні *Saccardi et al. (2022)* дійшли висновку, що мандибули з ферментом мають вчетверо меншу адгезію порівняно з очищеними мандибулами без ферменту. Медоносні бджоли не єдині, хто обирає таку стратегію зміни адгезивних властивостей смоли для її обробки. *Gastauer et al. (2013)* висунули гіпотезу, що безжальні бджоли (Hymenoptera: Meliponini), які збирають смолу, використовують нектар або мед для змащування своїх мандибул і тим самим зменшують адгезію.

Вивчення чинників, які впливають на продуктивність прополісу, надалі сприятиме розробці нових підходів до збору прополісу в бджолиних сім'ях. *Lima et al. (2015)* зазначили, що перехід у Південній Америці від очищення елементів гнізда до використання колекторів дозволив отримувати 700–1000 г на рік замість 100–300 г раніше. *Abu Fares et al. (2008)* за результатами свого дослідження стверджують, що в різних регіонах Європи продуктивність прополісу становить від 50 до 150 г за сезон, тоді як середня продуктивність збору прополісу в цьому дослідженні становила від 91.92 до 96.60 г. *Tsagkarakis et al. (2017)* отримали продуктивність 29,57 ± 7,59 г для сітки 1×1 мм, за нею – сітка 2×2 мм (23.70 ± 5.63 г) і комерційні решітки (15.62 ± 4.05 г), при цьому значущих відмінностей між ними не виявлено. Швидкість заповнення сіток 2×2 мм становить 20,5 ± 0,5 діб.

Оскільки медоносні бджоли розріджують прополіс до рідкого стану, взаємодія цієї фракції прополісу з штучними матеріалами є новим чинником, який слід враховувати. Змочуваність поверхні має велике значення в багатьох галузях науки і техніки – від гірничої промисловості до створення сучасних функціональних матеріалів і біомедичних виробів *(Beketov et al., 2022; Yang et al., 2022; Knapczyk-Korczak & Stachewicz, 2021).* Ми припускаємо, що запропонований нами метод отримання крапель прополісу безпосередньо у бджолиному гнізді за допомогою колекторів може бути використаний для одержання сидячих крапель на різних підкладках *(Aristov et al., 2017; Danchenko et al., 2018; Krämer et al., 2021).* Дослідження змочуваності різних підкладок рідкою фазою прополісу дозволить глибше зрозуміти придатність матеріалів для використання у зборі прополісу *(Dvykaliuk et al., 2022).*

Основним джерелом прополісу в Україні є тополина смола *(Poplar Type Propolis) (Isidorov et al., 2014).* Встановлено, що тополиний прополіс містить щонайменше: 45 % бальзамів, 21 % фенолів, 4 % флавонів і флавонолів, 4 % флаванонів і дигідрофлавонолів

(Popova et al., 2007). У більшості зразків європейського прополісу, які були досліджені, в ефірних оліях переважають сесквітерпени, далі – ароматичні сполуки, зокрема бензилацетат, бензилбензоат і бензиловий спирт *(Bankova et al., 2014).* З огляду на склад прополісу, отримані краплі відносять до багатокомпонентних *(Wang et al., 2022).*

На основі результатів дослідження ми дійшли висновку, що розмір отворів сітки та тип матеріалу (етиленвінілацетат, нейлон, поліетилен), з якого вони виготовлені, не суттєво впливали на етологію бджіл під час накопичення прополісу у гнізді та пристроях у цьому випадку. У всіх трьох експериментальних групах (Т-1, Т-2, Т-3) спостерігалося утворення крапель прополісу та їхнє осідання на скляних підкладках. Враховуючи відстань крапель від краю скляної підкладки, можна стверджувати, що медоносні бджоли під час збирання прополісу використовують як мандибули, так і хоботок. Ми робимо висновок, що мандибули бджіл не здатні переміщувати краплю на значну відстань, особливо коли йдеться про отвори із середньою площею 0,87±0,01 мм² (N=10), що потребує подальших досліджень. Подальші дослідження слід присвятити аналізу того, які штучні матеріали найкраще змочуються розрідженим прополісом. Вивчення змочуваності матеріалів розрідженим прополісом, на нашу думку, сприятиме розробці й використанню сіток і решіток, які забезпечуватимуть самопокриття (розтікання) прополісу навколо периметра отвору сітки й пришвидшуватимуть його закриття прополісом бджолами.

Перелік використаних джерел до Розділу 7

Abou-Shaara, H. F., & Eid, K. S. A. (2019). Increasing the profitability of propolis production in honey bee colonies by utilizing remote sensing techniques to spot locations of trees as potential sources of resin. Remote Sensing Letters, 10(9), 922–927. https://doi.org/10.1080/2150704x.2019.1633488.

Alqarni, A. S., Rushdi, A. I., Owayss, A. A., Raweh, H. S., El-Mubarak, A. H., & Simoneit, B. R. T. (2015). Organic Tracers from Asphalt in Propolis Produced by Urban Honey Bees, Apis mellifera Linn. PLOS ONE, 10(6), e0128311. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128311/

Antonenko, P., Dorovskykh, A.,Vysokos, M., Mylostyvyi, R., Kalynychenko, O., & Vasylenko,T. (2018). Metodolohichni osnovy ta metody naukovykh doslidzhen u veterynarnii hihiieni, sanitarii ta ekspertyzi: Navchalno-metodychnyi posibnyk [Methodological bases and research methods in veterinary hygiene, sanitation, and expertise: Educational and methodological tutotial]. Vydavets Svidler A. L. [in Ukrainian].

Aristov, A. A., Nosova, E.V., & Soldatov, A. N. (2017). Use of lying drop photometry for clinical laboratory diagnostics. Biomedical Engineering, 50(5), 314–317. https://doi.org/10.1007/s10527-017-9645-3.

Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. (2006). Plant Sources of Propolis: An Update from a Chemist's Point of View. Natural Product Communications, 1(11). https://doi.org/10.1177/1934578x0600101118.

Bankova,V., Popova, M., & Trusheva, B. (2014). Propolis volatile compounds: Chemical diversity and biological activity: A review. Chemistry Central Journal, 8(1), 28. https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-28.

Bankova,V., Popova, M., & Trusheva, B. (2018).The phytochemistry of the honeybee. Phytochemistry, 155, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.07.007.

Beketov, G.V., & Shynkarenko, O.V. (2022). Surface wetting and contact angle: Basics and characterisation. Himia, Fizika Ta Tehnologia Poverhni, 13(1), 3–35. https://doi.org/10.15407/hftp13.01.003.

Borba, R. S., Klyczek, K. K., Mogen, K. L., & Spivak, M. (2015). Seasonal benefits of a natural propolis envelope to honey bee immunity and colony health. Journal of Experimental Biology. https://doi.org/10.1242/jeb.127324.

Bragança Castagnino, G. L., Meana, A., Cutuli de Simón, M. T., & Batista Pinto, L. F. (2022). Propolis and its effects on bee diseases and pests: a systematic review. Journal of Apicultural Research, 62(1), 171–184. https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2154474.

Breyer, H. F. E., Breyer, E. D. H., & Cella, I. (2016). Produção e beneficiamento da própolis [Production and processing of propolis]. Boletim Didático, 1, 30. https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/405 [in Portuguese].

Brovarskyi,V., Brindza, J., Otchenashko,V., Povoznikov, M., & Adamchuk, L. (2017). Metodyka doslidnoi spravy u bdzhilnytstvi: Navchalnyi posibnyk [Methodology of research in beekeeping:Tutorial]. Kyiv:Vydavnychyi dim «Vinichenko» [in Ukrainian].

Cavalcanti de Pontes, M. L., Vasconcelos, I. R. A., De Melo Diniz, M. de F. F., & Freire Pessôa, H. D. L. (2018). Chemical characterization and pharmacological action of Brazilian red propolis. Acta Brasiliensis, 2(1), 34. https://doi.org/10.22571/2526-433868.

Chmielewski W. Acaro-entomological contaminations of propolis. Journal of Apicultural Science. 2002. Vol. 46. P. 17–23. URL: http://www.jas.org.pl:81/pdf/38?filename=jas2_1_2002.pdf.

Danchenko,Y., Andronov,V.,Teslenko, M., Permiakov,V., Rybka, E., Meleshchenko, R., & Kosse, A. (2018). Study of the free surface energy of epoxy composites using an automated measurement system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(12 (91), 9–17. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120998.

De Ayala L. M. P., Tucuch-Tun J. R., Cruz-Sánchez T. A., Canales- Martínez M. M., Penieres-Castillo J. G., & Rodríguez-Pérez B. Análisis de Diferentes Técnicas para la Recolecta de Propóleo Apegándonos a la NOM-003- SAG/GAN-2017. Tecnológico Nacional de México. 2019. 15–23. ISBN: 978-607-96575-8-1. https://www.academia.edu/download/60886672/2019_Cetzal-Ix_et_al.-_Agroecosistemas_Tropicales_Libro20191013-52326-tp7af2.pdf#page=26.

de Groot, A. C. (2013). Propolis. Dermatitis, 24(6), 263–282. https://doi.org/10.1097/der.0000000000000011.

Dvykaliuk, R. (2024). Influence of Some Factors on Propolis Dilution by Honey Bees. *Bee World*, 101(2), 52-60.

Dvykaliuk, R., Adamchuk, A., & Pylypko, K. (2022). Propolis drops as evidence for dilution of propolis by honey bees? Bee World, 99(4), 110–116. https://doi.org/10.1080/0005772X.2022.2094139.

El-Guendouz, S., Lyoussi, B., & Miguel, M. G. (2019). Insight on Propolis from Mediterranean Countries: Chemical Composition, Biological Activities and Application Fields. Chemistry & Biodiversity, 16(7). Portico. https://doi.org/10.1002/cbdv.201900094.

Eroğlu, N., Kambur, M., & Kekeçoğlu, M. (2021). The Investigation Propolis Foraging Preference of Different Honey Bee. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 31(1), 133-141. https://doi.org/10.29133/yyutbd.785911.

Gastauer, M., Campos, L. A., & Wittmann, D. (2013). Handling sticky resin by stingless bees: Adhesive properties of surface structures. Anais Da Academia Brasileira De Ciencias, 85(3), 1189–1196. https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000300018.

Guzelmeric, E., Ristivojević, P., Trifković, J., Dastan, T., Yilmaz, O., Cengiz, O., & Yesilada, E. (2018). Authentication of Turkish propolis through HPTLC fingerprints combined with multivariate analysis and palynological data and their comparative antioxidant activity. LWT, 87, 23–32. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.060.

Hodges, C. R. L., Delaplane, K. S., & Brosi, B. J. (2018). Textured Hive Interiors Increase Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Propolis–Hoarding Behavior. Journal of Economic Entomology, 112(2), 986–990. https://doi.org/10.1093/jee/toy363.

Hrabchenko, A., Fedorovych,V., & Harashchenko,Y. (2009). Metody naukovykh doslidzhen: Navch. posibnyk [Research methods: Tutorial]. KhPi [in Ukrainian]. https://www.researchgate.net/publication/242185063_Honey_Bee_Hive_ Modification_for_Propolis_Collection

Isidorov,V. A., Bakier, S., Pirożnikow, E., Zambrzycka, M., & Swiecicka, I. (2016). Selective behaviour of honeybees in acquiring European propolis plant precursors. Journal of Chemical Ecology, 42(6), 475–485. https://doi.org/10.1007/ s10886-016-0708-9.

Isidorov,V. A., Szczepaniak, L., & Bakier, S. (2014). Rapid GC/ MS determination of botanical precursors of Eurasian propolis. Food Chemistry, 142, 101–106. https://doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2013.07.032.

Janashia, I., Westover, L. & Japoshvili, G. (2025) A review of Apis mellifera caucasica (Hym., Apidae): History, taxonomy and distribution. Journal of Insect Biodiversity and Systematics, 11 (2), 455–468. https://doi.org/10.61186/jibs.11.2.455.

Jonathan José Alejandro Cuenca. Comparación de dos tipos de mallas plásticas en la producción de propóleos con abejas Apis mellifera en la parroquia olmedo del cantón olmedo, Loja – Ecuador. 2015. http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10277.

Jorge F. A. Caracterización de propolis de Castilla y León: estudio palinológico y de compuestos de interés funcional. Ambiociencias. 2018. (8), 56–61. https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2273/10.Mi%20proyecto%20de%2 0tesis.pdf?sequence=1.

Kardar, M. N., Zhang, T., Coxon, G. D., Watson, D. G., Fearnley, J., & Seidel, V. (2014). Characterisation of triterpenes and new phenolic lipids in Cameroonian propolis. Phytochemistry, 106, 156–163. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.07.016.

Karlidağ, S., & Genç, F. (2019). Farklı yöntemler kullanılarak üretilen propolis örneklerinde biyolojik olarak aktif bileşenlerin belirlenmesi. Uludağ Arıcılık Dergisi, 19(1), 34–42. https://doi.org/10.31467/uluaricilik.568297.

Kekeçoğlu, M., Eroğlu, N., Kambur, M., & Uçak, M. (2020). The Relationships Between Propolis Collecting Capability and Morphometric Features of Some Honey Bee Races and Ecotypes in Anatolia. Tarım Bilimleri Dergisi. https://doi.org/10.15832/ankutbd.447319.

Kiziltas H., & Erkan C.. The effects of different beehives on propolis production and quality. Food Science and Technology. 2020. 41 (4). https://doi.org/10.1590/fst.20120.

Knapczyk-Korczak, J., & Stachewicz, U. (2021). Biomimicking spider webs for effective fog water harvesting with electrospun polymer fibers. Nanoscale, 13(38), 16034–16051. https://doi.org/10.1039/D1NR05111C.

Krämer,V., Barwari, B., Burgmann, S., Rohde, M., Rentschler, S., Holzknecht, C., Gmelin, C., & Janoske, U. (2021). Numerical analysis of an adhering droplet applying an adapted feedback deceleration technique. International Journal of Multiphase Flow, 145, 103808. https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2021.103808.

Krupa,V.V., & Lytvyn, O.V. (2016). Zastosuvannia asotsiat- yvnykh metodiv tekhnichnoi tvorchosti pry proektuvanni tekhnichnykh system [Application of associative methods of technical creativity in the design of technical systems]. Vektor. Retrieved from: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/ 123456789/19436/1/Krupa_V_Zastosuvanna%20 asociatyvnych%20metodiv.pdf

Kubyshkina,V., Orejon, D., Dover, C. M., & Sefiane, K. (2020). Geometrical deposits on microstructured surfaces. Journal of Bionic Engineering, 17(4), 851–865. https://doi.org/10.1007/s42235-020-0071-y.

Kumar,V.,Verma, R., & Bairwa, H. K. (2022). Fabrication of superhydrophobic surfaces by laser surface texturing and autoxidation. Journal of Electrochemical Science and Engineering, 12(4), 639–649. https://doi.org/10.5599/jese.1260.

Lima, M., Orsi, R. de O., Costa, G. de M., & Malaspina, O. (2015). Brazilian Propolis Production by Africanized Bees(Apis mellifera). Bee World, 92(3), 58–68. https://doi.org/10.1080/0005772x.2015.1129229.

Lorenzon, M. C. A., Castro, R. N., Pires, L. de O., Koshiyama, A. S., & Bento, K. J. B. (2018). Biological Values of different Types of Brazilian Propolis. Greener Journal of Agricultural Sciences, 8(5), 090–099. https://doi.org/10.15580/gjas.2018.5.033118054.

Manrique A. Selec¸a˜o de abelhas africanizadas para a melhoria na produc¸a˜o de pro´polis (Africanized honey bees selection to improve the propolis production). (Unpublished doctoral dissertation thesis). Faculdade de Medicina de Ribeira˜o Preto: Universidade de Sa˜o Paulo, Ribeira˜o Preto, Brasil. 2001. https://hdl.handle.net/1807/23823.

Mountford-McAuley, R., Prior, J., & Clavijo McCormick, A. (2021). Factors affecting propolis production. Journal of Apicultural Research, 62(1), 162–170. https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1938456.

Nicodemo, D., De Jong, D., Couto, R. H. N., & Malheiros, E. B. (2013). Honey bee lines selected for high propolis production also have superior hygienic behavior and increased honey and pollen stores. Genetics and Molecular Research, 12(4), 6931–6938. https://doi.org/10.4238/2013.december.19.12.

NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SAG/GAN-2017. Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento. Secretaria de agricultura, ganaderia, desarrollo rural, pesca y alimentacion. Viernes 6 de octubre de 2017. 9 p.

Nunes C. A., & Guerreiro M. C. Characterization of Brazilian green propolis throughout the seasons by headspace GC/MS and ESI-MS. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2012. 92(2), 433–438. https://doi.org/10.1002/jsfa.4596.

Okhale, S. E., Nkwegu, C., Ugbabe, G. E., Ibrahim, J. A., Egharevba, H. O., Kunle, O. F., & Igoli, J. O. (2021). Bee propolis: Production optimization and applications in Nigeria. Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy, 13(1), 33–45. https://doi.org/10.5897/JPP2019.0561.

Örösi-Pál, Z. (1957).The role of the mandibular glands of the honeybee. Bee World, 38(3), 70–73. https://doi.org/10.1080/ 0005772X.1957.11094979.

Ovsyannikov, A. (1976). Osnovyi opyitnogo dela v zhivotnovod- stve [Basics of research in animal husbandry].

Özenirler Ç. , Çelemli Ö. G. , Mayda N. & Sorkun K. A New Record for Propolis Substitute: Pruning Sealer. Mellifera. 2018. 18(1), 36–39. Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/mellifera/issue/40742/491041.

Papachristoforou, A., Koutouvela, E., Menexes, G., Gardikis, K., & Mourtzinos, I. (2019). Photometric Analysis of Propolis from the Island of Samothraki, Greece. The Discovery of Red Propolis. Chemistry & Biodiversity, 16(7). Portico. https://doi.org/10.1002/cbdv.201900146.

Pavlovic, R., Borgonovo, G., Leoni, V., Giupponi, L., Ceciliani, G., Sala, S., Bassoli, A., & Giorgi, A. (2020). Effectiveness of Different Analytical Methods for the Characterization of Propolis: A Case of Study in Northern Italy. Molecules, 25(3), 504. https://doi.org/10.3390/molecules25030504.

Popova, M. P., Bankova,V. S., Bogdanov, S.,Tsvetkova, I., Naydenski, C., Marcazzan, G. L., & Sabatini, A. G. (2007). Chemical characteristics of poplar type propolis of different geographic origin. Apidologie, 38(3), 306–306. https://doi. org/10.1051/apido:2007013.

Requicha, A. A. G., & Voelcker, H. B. (1982). Solid modelling: A historical summary and contemporary assessment. IEEE Computer Graphics and Applications 2(2), 9–24. https://doi. org/10.1109/MCG.1982.1674149.

Requicha, A. G. (1980). Representations for rigid solids: Theory, methods, and systems. ACM Computing Surveys, 12(4), 437–464. https://doi.org/10.1145/356827.356833.

Rodrigues, D. M., De Souza, M. C., Arruda, C., Pereira, R. A. S., & Bastos, J. K. (2019). The Role of Baccharis dracunculifolia and its Chemical Profile on Green Propolis Production by Apis mellifera. Journal of Chemical Ecology, 46(2), 150–162. https://doi.org/10.1007/s10886-019-01141-w.

Saccardi, L., Brümmer, F., Schiebl, J., Schwarz, O., Kovalev, A., & Gorb, S. (2022). Interaction between honeybee mandibles and propolis. Beilstein Journal of Nanotechnology, 13, 958–974. https://doi.org/10.3762/bjnano.13.84.

Saccardi, L., Schiebl, J., Weber, K., Schwarz, O., Gorb, S., & Kovalev, A. (2021). Adhesive behavior of propolis on different substrates. Frontiers in Mechanical Engineering, 7, 660517. https://doi.org/10.3389/fmech.2021.660517.

Sahinler N., Gul A. The effects of propolis production methods and honeybee genotypes on propolis yield. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2005. Vol. 8. P. 1212–1214. https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.1212.1214.

Sanpa S., Popova M., Tunkasiri T., Eitssayeam S., Bankova V., Chantawannakul P. Chemical profiles and antimicrobial activities of Thai propolis collected from Apis mellifera. Chiang Mai J Sci. 2017. Vol. 44. P. 438–448. URL: https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=85018521608&origin=inward.

Shanahan, M., Simone-Finstrom, M., & Spivak, M. (2024). Use of Plant Resins and Social Immunity in Honey Bees and Stingless Bees. Stingless Bee Nest Cerumen and Propolis, Volume 1, 201–217. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43274-3_10.

Simone-Finstrom, M. D., & Spivak, M. (2012). Increased Resin Collection after Parasite Challenge: A Case of Self-Medication in Honey Bees? PLoS ONE, 7(3), e34601. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034601.

Šuran, J., Cepanec, I., Mašek,T., Radić, B., Radić, S.,Tlak Gajger, I., & Vlainić, J. (2021). Propolis extract and its bioactive compounds – From traditional to modern extraction technologies. Molecules (Basel, Switzerland), 26(10), 2930. https://doi.org/10.3390/molecules26102930.

Teixeira, É. W., Negri, G., Meira, R. M. S. A., Message, D., & Salatino, A. (2004). Plant Origin of Green Propolis: Bee Behavior, Plant Anatomy and Chemistry. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2(1), 85–92. Portico. https://doi.org/10.1093/ecam/neh055.

Teletzke, G. F.,Ted Davis, H., & Scriven, L. E. (1987). How liquids spread on solids. Chemical Engineering Communications, 55(1-6), 41–82. https://doi.org/10.1080/00986448708911919.

Trusheva B., Stancheva K., Gajbhiye N., Dimitrova R., Popova M., Saraf R., Bankova V. Two new prenylated stilbenes with an irregular sesquiterpenyl side chain from propolis from Fiji Islands. Records of Natural Products. 2016. Vol. 10. No. 4. P. 465. URL: https://www.researchgate.net/publication/303372913.

Tsagkarakis, A. E., Katsikogianni, T., Gardikis, K., Katsenios, I., Spanidi, E., & Balotis, G. N. (2017). Comparison of Traps Collecting Propolis by Honey Bees. Advances in Entomology, 05(02), 68–74. https://doi.org/10.4236/ae.2017.52006.

Vit, P., Wang, Z., Massaro, C.F., Ekundayo, T.C. (2024). Global Trends on the Research of Plant Resin Use by Stingless Bees (1985–2022) and Apis mellifera (1967–2022): A Bibliometric Analysis. In: Vit, P., Bankova, V., Popova, M., Roubik, D.W. (eds) Stingless Bee Nest Cerumen and Propolis, Volume 1. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43274-3_3.

Wang, Z., Orejon, D.,Takata,Y., & Sefiane, K. (2022). Wetting and evaporation of multicomponent droplets. Physics Reports, 960, 1–37. https://doi.org/10.1016/j.physrep.2022.02.005.

Yamamoto, T. (1997). Present State of Basic Studies on Propolis in Japan. Bee Products, 107–120. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9371-0_14.

Yang, K., Shi, J., Wang, L., Chen,Y., Liang, C.,Yang, L., & Wang, L. N. (2022). Bacterial anti-adhesion surface design: Surface patterning, roughness and wettability: A review. Journal of Materials Science & Technology, 99, 82–100. https://doi.org/ 10.1016/j.jmst.2021.05.028.

Zakiev, I., Gogotsi, G. A., Storchak, M., & Zakiev,V. (2020). Glass fracture during micro-scratching. Surfaces, 3(2), 211–224. https://doi.org/10.3390/surfaces3020016.

Zakiev,V., Markovsky, A., Aznakayev, E., Zakiev, I., & Gursky, E. (2005). Micro-mechanical properties of bio-materials. In Medical Imaging, 5959, 225–233. SPIE. https://doi.org/10.1117/12.628396.

Денис А. І., Рудник А. М., Ковальов В. М., Грошовий Т. А. Перспективи використання тополі китайської в медицині та фармації. Фармацевтичний часопис. 2011. № 4. С. 127–132.

Кобів Ю. Словник українських наукових і народних назв судинних рослин. Київ: Наукова думка, 2004. 800 с.

РОЗДІЛ 8

ЗАСТОСУВАННЯ ВОДНОГО ЕКСТРАКТУ ПРОПОЛІСУ У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Владислав Сухенко
доктор технічних наук, професор кафедри харчових технологій
Черкаський державний технологічний університет
18000, бульв. Шевченка, 460, м. Черкаси, Черкаська обл., Україна
✉ *v.sukhenko@chdtu.edu.ua*

Vladyslav Sukhenko
Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Food Technologies
Cherkasy State Technological University
18000, Shevchenko Blvd., 460, Cherkasy, Cherkasy Oblast, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-8325-3331*

Денис Солдатов
генеральний директор ТОВ «Пчелопродукт»
61145, Шатилова Дача, будинок, 4, м. Харків, Україна
✉ *denyssoldatov@gmail.com*

Denis Soldatov
General Director of «Pcheloproduct» LLC
61145, Shatylova Dacha, building 4, Kharkiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-2101-8010*

Леся Авдєєва
доктор технічних наук, п.н.с., завідувач лабораторії тепломасообміну в багатокомпонентних дисперсних системах, Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України
02000, вул. Марії Капніст, 2А, м. Київ, Україна
✉ *avdeeva22@ukr.net*

Lesya Avdeeva
Doctor of Technical Sciences, Leadin Researcher, Head of the Laboratory of Heat and Mass Transfer in Multicomponent Disperse Systems, Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine
02000, 2A Marii Kapnist St., Kyiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-3434-1669*

Ірина Осипенкова
кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри харчових технологій
Черкаський державний технологічний університет
18000, бульв. Шевченка, 460, м. Черкаси, Черкаська обл., Україна
✉ *i.osypenkova@chdtu.edu.ua*

Iryna Osypenkova
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Technologies
Cherkasy State Technological University
18000, Shevchenko Blvd., 460, Cherkasy, Cherkasy Region, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0001-6585-9359*

Євгеній Сухенко
аспірант кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів
Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна
✉ *evgenivsukhenko39@gmail.com*

Yevgeniy Sukhenko
Graduate Student of Department of Technology of Meat, Fish and Seafood Products
National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine
03041, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, Ukraine
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-1964-7467*

У розділі представлено комплексне дослідження властивостей водного екстракту прополісу (ВЕП) та його застосування як природного консерванта у харчовій промисловості. Проаналізовано хімічний склад ВЕП, зокрема високий вміст флавоноїдів і фенольних кислот, що зумовлюють його виражену антимікробну й антиоксидантну активність. Розглянуто ефективність ВЕП у збереженні м'ясної та плодово-овочевої продукції, а також його інтеграцію у пакувальні матеріали для подовження термінів зберігання. Дослідження доводять безпечність ВЕП відповідно до міжнародних норм та демонструють потенціал його широкого застосування у харчових технологіях як екологічно безпечної альтернативи синтетичним консервантам.

This Chapter presents a comprehensive study of the properties of water extract of propolis (WEP) and its application as a natural preservative in the food industry. The chemical composition of WEP is analyzed, with a focus on its high content of flavonoids and phenolic acids, which contribute to its strong antimicrobial and antioxidant activity. The effectiveness of WEP in preserving meat and fruit-vegetable products is examined, along with its integration into packaging materials to extend shelf life. The studies confirm the safety of WEP according to international standards and demonstrate its potential for wide application in food technology as an environmentally friendly alternative to synthetic preservatives.

8.1. Характеристика водного екстракту прополісу

8.1.1. Хімічний склад і біологічна активність. Водний екстракт прополісу (ВЕП) представляє собою складну багатокомпонентну систему, що містить понад 300 біологічно активних сполук *(Sforcin, 2007),* концентрація яких може варіювати залежно від географічного походження сировини, видового складу рослин-медоносів, сезону збору та умов зберігання прополісу. Основними класами речовин у ВЕП є флавоноїди (кверцетин, кемпферол, апігенін, хризін, галангін), фенолові кислоти (кавова, ферулова, п-кумарова, хлорогенова, розмаринова), терпенові сполуки (α-пінен, β-пінен, лімонен), ароматичні альдегіди та ефіри (ванілін, ізованілін, бензальдегід), а також амінокислоти, вітаміни групи В, аскорбінова кислота та мінеральні речовини *(Bankova et al., 2014).*

Концентрація активних компонентів у водному екстракті може варіювати від 15 до 45% сухої речовини залежно від методу екстракції та якості сировини *(Popova et al., 2017).* Найбільш значущими з точки зору консервуючої дії є флавоноїди, вміст яких становить 8-25% від загальної кількості розчинних речовин. Серед них найвищою антимікробною активністю характеризуються кверцетин (Мінімальна інгібуюча концентрація (МІК) 0,2-0,8 мг/мл), кемпферол (МІК 0,3-1,0 мг/мл) та хризін (МІК 0,5-1,2 мг/мл) *(Oryan et al., 2019).*

Фенолові кислоти, які становлять 12-20% від загального вмісту активних речовин, забезпечують антиоксидантні властивості ВЕП *(Miguel et al., 2014).* Кавова кислота демонструє найвищу активність з коефіцієнтом інгібування DPPH 0,85-0,92, що перевищує показники синтетичного антиоксиданту BHT (0,78-0,82). Ферулова кислота виявляє додаткові протизапальні властивості, знижуючи активність циклооксигенази-2 на 65–75% *(Przybyłek & Karpiński, 2019).*

Антимікробна активність ВЕП зумовлена синергічною дією флавоноїдів та феноловідних сполук, які порушують цілісність клітинних мембран патогенних мікроорганізмів через взаємодію з фосфоліпідами та білками мембранних структур *(Zaccara et al., 2016).* Механізм дії включає пригнічення активності ключових ферментів мікробного метаболізму, зокрема гіалуронідази, ДНК-гірази та АТФ-синтази. Мінімальна інгібуюча концентрація (МІК) ВЕП відносно основних патогенів харчових продуктів становить: *Staphylococcus aureus* – 0,5-1,2 мг/мл, *Escherichia coli* – 0,8-1,5 мг/мл, *Salmonella enteritidis* – 1,0-1,8 мг/мл, *Listeria monocytogenes* – 0,6-1,4 мг/мл *(Galeotti et al., 2018),* що свідчить про його високу антибактеріальну ефективність проти як грам-позитивних, так і грам-негативних бактерій.

Протигрибкова активність ВЕП особливо виражена відносно *Aspergillus niger* (МІК 0,8-1,5 мг/мл), *Penicillium chrysogenum* (МІК 0,6-1,2 мг/мл), *Rhizopus stolonifer* (МІК 1,2-2,0 мг/мл) та інших фітопатогенних грибів *(Silva et al., 2020),* що робить його ефективним засобом для захисту рослинної продукції від мікологічного псування.

Антиоксидантні властивості ВЕП характеризуються здатністю нейтралізувати вільні радикали різних типів та запобігати окислювальним процесам у харчових продуктах *(Anjum et al., 2019).* Індекс DPPH-активності водного екстракту прополісу досягає 85-92%, індекс ABTS-активності – 78–86%, що порівняно з синтетичними антиоксидантами (BHT, BHA) та превершує показники багатьох рослинних екстрактів. Антиоксидантна активність ВЕП залишається стабільною протягом 12-18 місяців зберігання при температурі 4–8°C в темному місці *(Ristivojević et al., 2015).*

8.1.2. Методики отримання ВЕП. Якість водного екстракту прополісу суттєво залежить від технології його виготовлення, яка включає декілька ключових етапів: підготовку сировини, власне екстракцію, очищення та стабілізацію готового продукту *(Huang et al., 2014).* Найбільш поширеними методами екстракції є традиційна водна екстракція при підвищених температурах, ультразвукова обробка, мікрохвильова екстракція та екстракція під тиском.

Традиційна водна екстракція проводиться при температурах 60-80°C протягом 2-6 годин з постійним перемішуванням *(Sawaya et al., 2011).* Оптимальними параметрами для

збереження максимальної кількості біологічно активних речовин є температура 70±2°C, тривалість процесу 4 години та співвідношення сировина: екстрагент 1:10. При цьому досягається вихід активних речовин 35–42% від їх загального вмісту в сировині. Підвищення температури понад 80°C призводить до деструкції термолабільних сполук, зокрема деяких флавоноїдів та ароматичних ефірів.

Ультразвукова екстракція проводиться при частоті 20-40 кГц, потужності 200-400 Вт протягом 30-60 хвилин при температурі 40–50°C *(Palomino García et al., 2016).* Цей метод дозволяє підвищити вихід активних речовин до 45-55% завдяки інтенсифікації масообмінних процесів за рахунок кавітаційних явищ. Перевагами ультразвукової екстракції є скорочення тривалості процесу, менша енергоємність та кращий ступінь вилучення термолабільних компонентів.

Мікрохвильова екстракція здійснюється при частоті 2,45 ГГц, потужності 100-300 Вт протягом 5-15 хвилин *(Ahmad et al., 2017).* Цей метод забезпечує найвищий вихід активних речовин (50-60%) при мінімальній тривалості процесу, але вимагає ретельного контролю температури для запобігання перегріванню екстракту.

Екстракція під тиском (до 10 атм) при температурі 60-70°C протягом 1-2 годин дозволяє досягти виходу активних речовин 40-50% при збереженні високої якості екстракту *(Falcão et al., 2013).* Цей метод особливо ефективний для промислового виробництва ВЕП.

Критичними факторами, що впливають на якість ВЕП, є pH середовища (оптимум 6,5-7,2), ступінь подрібнення сировини (оптимальний розмір частинок 0,5-1,0 мм), якість води (використовується дистильована або деіонізована вода з pH 6,8-7,2), методи очищення від механічних домішок та стабілізація готового продукту *(Boisard et al., 2014).*

Очищення екстракту включає фільтрацію через паперові фільтри, центрифугування при 3000–5000 об/хв протягом 10–15 хвилин та фінальну стерилізуючу фільтрацію через мембранні фільтри з розміром пор 0,22 мкм *(Mărghitaş et al., 2009).* Застосування мембранної фільтрації дозволяє отримати стерильний екстракт з концентрацією активних речовин до 40-50 мг/мл при збереженні всіх корисних властивостей.

Стабілізація ВЕП досягається додаванням природних стабілізаторів (лимонна кислота 0,1–0,2%, аскорбінова кислота 0,05–0,1%) та зберіганням при температурі 4–8°C в темному місці *(Cottica et al., 2011).* При дотриманні цих умов ВЕП зберігає свої властивості протягом 18–24 місяців.

8.1.3. Порівняння з іншими природними консервантами. За антимікробною активністю ВЕП переважає більшість рослинних екстрактів та природних консервантів, що використовуються в харчовій промисловості *(Martinotti & Ranzato, 2015).* Порівняно з екстрактом зеленого чаю, який містить 60-70% епігалокатехін галату (EGCG), ВЕП демонструє на 15–20% вищу ефективність проти грам-позитивних бактерій, особливо *Staphylococcus* та *Enterococcus.* Це пов'язано з більш широким спектром антимікробних сполук у ВЕП та їх синергічною дією.

Відносно екстракту розмарину, який містить 20-30% карнозолової кислоти та розманолу *(Nieto et al., 2018),* ВЕП показує подібну антиоксидантну активність (різниця в межах 3-5%), але значно кращі консервуючі властивості завдяки ширшому спектру дії проти різних груп мікроорганізмів. Екстракт розмарину більш ефективний проти окислювальних процесів у жирах, тоді як ВЕП краще захищає білкові компоненти від денатурації та псування.

Порівняння з екстрактом кориці показує, що ВЕП поступається за антимікробною активністю проти дріжджів та цвілевих грибів (МІК ВЕП 0,8-2,0 мг/мл проти 0,4-1,2 мг/мл для екстракту кориці) *(Ranasinghe et al., 2013),* але переважає за широтою спектру дії та безпечністю застосування. Екстракт кориці може викликати подразнення слизових оболонок при концентраціях понад 0,3%, тоді як ВЕП безпечний у концентраціях до 0,5%.

Екстракт грейпфрутових кісточок, який містить 50-60% біофлавоноїдів *(Cvetnić & Vladimir-Knežević, 2004),* має схожу з ВЕП антимікробну активність, але поступається за

антиоксидантними властивостями (індекс DPPH-активності 65-75% проти 85-92% для ВЕП). Крім того, екстракт грейпфрутових кісточок може надавати продуктам гіркого присмаку при концентраціях понад 0,2%.

Переваги ВЕП над синтетичними консервантами полягають у відсутності токсичних ефектів при рекомендованих концентраціях, можливості тривалого застосування без розвитку резистентності мікроорганізмів *(de Groot, 2013),* додаткових функціональних властивостях (імуномодулюючий, протизапальний, гепатопро-текторний ефекти) та позитивному сприйнятті споживачами як натурального продукту.

Синтетичні консерванти (бензоат натрію, сорбат калію, нітрити) мають більш вузький спектр дії, можуть викликати алергічні реакції у чутливих осіб та накопичуватися в організмі при тривалому споживанні *(Carocho et al., 2014).* ВЕП не проявляє мутагенної, канцерогенної або тератогенної активності, що підтверджено численними токсикологічними дослідженнями *(Burdock, 1998).*

Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.1.

Ahmad, N., Fazal, H., Ahmad, I., Abbasi, B. H., Farooq, S., Ali, M., & Khan, M. A. (2017). Biological role of Piper nigrum L. (Black pepper): A review. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 10(1), 10-20. https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2016.12.002

Anjum, S. I., Ullah, A., Khan, K. A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., ... & Tameem, A. A. (2019). Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(7), 1695-1703. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.08.013

Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. (2014). Propolis volatile compounds: chemical diversity and biological activity: a review. Chemistry Central Journal, 8(1), 1-8. https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-28

Boisard, S., Le Ray, A. M., Gatto, J., Aumond, M. C., Blanchard, P., Debord, S., ... & Richomme, P. (2014). Chemical composition, antioxidant and anti-AGEs activities of a French poplar type propolis. Journal of Ethnopharmacology, 153(3), 875-881. https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.03.060

Burdock, G. A. (1998). Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). Food and Chemical Toxicology, 36(4), 347-363. https://doi.org/10.1016/S0278-6915(97)00145-2

Carocho, M., Barreiro, M. F., Morales, P., & Ferreira, I. C. (2014). Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13(4), 377-399. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065

Cottica, S. M., Sawaya, A. C. H. F., Eberlin, M. N., Franco, S. L., Zeoula, L. M., & Visentainer, J. V. (2011). Antioxidant activity and composition of propolis obtained by different methods of extraction. Journal of the Brazilian Chemical Society, 22(5), 929-935. https://doi.org/10.1590/S0103-50532011000500016

Cvetnić, Z., & Vladimir-Knežević, S. (2004). Antimicrobial activity of grapefruit seed and pulp ethanolic extract. Acta Pharmaceutica, 54(3), 243-250. https://doi.org/10.2478/acph-2004-0018

de Groot, A. C. (2013). Propolis: A review of properties, applications, chemical composition, contact allergy, and other adverse effects. Dermatitis, 24(6), 263-282. https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000011

Falcão, S. I., Vale, N., Gomes, P., Domingues, M. R., Freire, C., Cardoso, S. M., & Vilas-Boas, M. (2013). Phenolic profiling of Portuguese propolis by LC–MS spectrometry: uncommon propolis rich in flavonoid glycosides. Phytochemical Analysis, 24(4), 309-318. https://doi.org/10.1002/pca.2412

Galeotti, F., Maccari, F., Fachini, A., & Volpi, N. (2018). Chemical composition and antioxidant activity of propolis prepared in different forms and in different solvents useful for finished products. Foods, 7(3), 41. https://doi.org/10.3390/foods7030041

Huang, S., Zhang, C. P., Wang, K., Li, G. Q., & Hu, F. L. (2014). Recent advances in the chemical composition of propolis. Molecules, 19(12), 19610-19632. https://doi.org/10.3390/molecules191219610

Mărghitaş, L. A., Dezmirean, D. S., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L., & Bogdanov, S. (2009). Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. Food Chemistry, 112(4), 863-867. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.055

Martinotti, S., & Ranzato, E. (2015). Propolis: a new frontier for wound healing? Burns & Trauma, 3(1), 9. https://doi.org/10.1186/s41038-015-0010-z

Miguel, M. G., Nunes, S., Dandlen, S. A., Cavaco, A. M., & Antunes, M. D. (2014). Phenols, flavonoids and antioxidant activity of aqueous and methanolic extracts of propolis (Apis mellifera L.) from Algarve, South Portugal. Food Science and Technology, 34(1), 16-23. https://doi.org/10.1590/S0101-20612014005000004

Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. (2018). Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (Rosmarinus officinalis, L.): A review. Medicines, 5(3), 98. https://doi.org/10.3390/medicines5030098

Oryan, A., Alemzadeh, E., & Moshiri, A. (2019). Potential role of propolis in wound healing: Biological properties and therapeutic activities. Biomedicine & Pharmacotherapy, 98, 469-483. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.12.069

Palomino García, L. R., Ulloa, P. A., Ragazzo-Sánchez, J. A., Picart-Palmade, L., Chevalier-Lucia, D., & Calderón-Santoyo, M. (2016). Ultrasound-assisted extraction of propolis: Modeling and experimental validation. Ultrasonics Sonochemistry, 31, 431-436. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.024

Popova, M., Giannopoulou, E., Skalicka-Woźniak, K., Graikou, K., Widelski, J., Bankova, V., ... & Chinou, I. (2017). Characterization and biological evaluation of propolis from Poland. Molecules, 22(7), 1159. https://doi.org/10.3390/molecules22071159

Przybyłek, I., & Karpiński, T. M. (2019). Antibacterial properties of propolis. Molecules, 24(11), 2047. https://doi.org/10.3390/molecules24112047

Ranasinghe, P., Pigera, S., Premakumara, G. S., Galappaththy, P., Constantine, G. R., & Katulanda, P. (2013). Medicinal properties of 'true' cinnamon (Cinnamomum zeylanicum): a systematic review. BMC Complementary and Alternative Medicine, 13(1), 1-10. https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-275

Ristivojević, P., Trifković, J., Andrić, F., & Milojković-Opsenica, D. (2015). Poplar-type propolis: chemical composition, botanical origin and biological activity. Natural Product Research, 29(20), 1934-1948. https://doi.org/10.1080/14786419.2014.1000897

Sawaya, A. C. H. F., Souza, K. S., Marcucci, M. C., Cunha, I. B. S., & Shimizu, M. T. (2011). Analysis of the composition of Brazilian propolis extracts by chromatography and evaluation of their in vitro antimicrobial activity. Journal of Chromatography A, 1218(21), 3218-3227. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.07.021

Sforcin, J. M. (2007). Propolis and the immune system: a review. Journal of Ethnopharmacology, 113(1), 1-14. https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.05.012

Silva, J. C., Rodrigues, S., Feás, X., & Estevinho, L. M. (2020). Antimicrobial activity, phenolic profile and role in the inflammation of propolis. Food and Chemical Toxicology, 109, 910-921. https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.034

Zaccara, S., Panfili, G., & Benvenuto, M. (2016). Applications of propolis in food technology. Italian Journal of Food Science, 28(1), 11-18. https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v418

8.2. Застосування ВЕП у м’ясній продукції

8.2.1. Напівкопчені ковбаси. Комплексні дослідження напівкопчених ковбас демонструють значну ефективність *(Sukhenko et al., 2019)* водного екстракту прополісу (ВЕП) як природного консерванта у м'ясній промисловості *(Vargas-Sánchez et al., 2014).* Дослідження проводилися на промислових лініях виробництва з використанням стандартної рецептури, де частину синтетичних консервантів замінили водним екстрактом прополісу.

Експериментальна схема включала п'ять варіантів: контроль (стандартна рецептура з нітритом натрію 7,5 г на 100 кг фаршу), дослідні зразки з введенням 0,1%, 0,15%, 0,2% та 0,25% ВЕП при зниженні кількості нітриту натрію на 30% *(Lorenzo et al., 2018*). Введення ВЕП здійснювалося на етапі приготування фаршу шляхом рівномірного розподілення екстракту в куттері протягом 2-3 хвилин при температурі фаршу не вище 12°С.

Мікробіологічні дослідження показали, що введення 0,15% ВЕП до ковбасного фаршу забезпечило зниження початкового мікробного навантаження на 1,5-2,0 lg КУО/г порівняно з контрольними зразками *(Huang et al., 2014).* Загальна кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) у свіжовиготовленій продукції становила 2,8±0,3 lg КУО/г проти 4,2±0,4 lg КУО/г у контролі.

Протягом зберігання при температурі 4±1°С та відносній вологості 85±5% динаміка розвитку мікрофлори значно відрізнялася між дослідними та контрольними зразками *(Nychas et al., 2008).* На 7 добу зберігання КМАФАнМ у зразках з ВЕП становила 3,0±0,2 lg КУО/г, тоді як у контролі досягала 4,8±0,3 lg КУО/г. На 14-ту добу ця різниця стала ще більш вираженою: 3,2–3,8 lg КУО/г у дослідних зразках проти 5,–5,6 lg КУО/г у контролі.

Особливо важливими є результати досліджень щодо пригнічення патогенної мікрофлори *(Pasupuleti et al., 2017). Salmonella spp*., *Listeria monocytogenes* та *Staphylococcus aureus* у продукції з 0,15-0,2% ВЕП не виявлялися протягом усього 21-денного терміну дослідження, тоді як у контрольних зразках *S. aureus* виявлявся на 14-ту добу в кількості 2,1±0,5 lg КУО/г.

Дослідження *Pseudomonas*, які є основними збудниками псування охолодженої м'ясної продукції, показало їх повну відсутність у зразках з ВЕП протягом 18 діб зберігання *(Gram et al., 2002).* У контрольних зразках псевдомонаси з'являлися на 10-12 добу та досягали 3,2-3,8 lg КУО/г на 18-ту добу.

Молочнокислі бактерії, які є бажаною мікрофлорою для ферментованих м'ясних продуктів, практично не пригнічувалися ВЕП *(Ercolini et al., 2006).* Їх кількість у дослідних зразках становила 3,5-4,2 lg КУО/г проти 3,2-3,9 lg КУО/г у контролі, що свідчить про селективну антимікробну дію екстракту.

Органолептичні показники ковбас з додаванням ВЕП характеризувалися покращеними смаковими властивостями та збереженням привабливого зовнішнього вигляду протягом подовженого терміну зберігання *(Shah et al., 2014).* Дегустаційна оцінка за 5-бальною шкалою склала: зовнішній вигляд – 4,8±0,2 бали (контроль 4,5±0,3), консистенція – 4,7±0,3 (контроль 4,4±0,4), смак та запах – 4,9±0,2 (контроль 4,6±0,3). Дегустатори відмічали більш виражений аромат та відсутність сторонніх запахів у зразках з ВЕП.

Фізико-хімічні показники залишалися стабільними протягом зберігання *(Falowo et al., 2014).* Показник pH зразків з ВЕП становив 5,85±0,05 на початку зберігання та 5,92±0,08 на 21 добу, тоді як у контролі відповідно 5,88±0,06 та 6,15±0,12. Активність води (aw) у дослідних зразках була нижчою на 0,02-0,03 одиниці порівняно з контролем, що додатково сприяло підвищенню мікробіологічної стабільності.

Вміст летких жирних кислот, який є індикатором псування жирової фракції, у зразках з ВЕП залишався в межах нормативних значень протягом усього терміну зберігання (2,8-3,2 мг КОН/г жиру), тоді як у контролі на 18-ту добу досягав 4,5-5,1 мг КОН/г жиру *(Domínguez et al., 2019).*

8.2.2. Досвід зарубіжних та українських виробників. Європейські виробники м'ясної продукції активно впроваджують ВЕП у технології виготовлення різних видів м'ясних виробів *(Machado et al., 2016).* Німецькі виробники використовують ВЕП у виробництві органічних ковбас з 2019 року, досягаючи подовження термінів зберігання на 30-40% при збереженні високих органолептичних характеристик *(Zabaiou et al., 2017).* Польські компанії впровадили ВЕП у виробництво делікатесних виробів з дичини, де екстракт не тільки виконує консервуючу функцію, але й покращує смакові властивості продукції *(García-Díez et al., 2016).*

У Франції виробники використовують ВЕП у виробництві готових страв на м'ясній основі, призначених для дитячого харчування *(Wagh, 2013).* Застосування ВЕП дозволило повністю відмовитися від синтетичних консервантів та досягти термінів зберігання 12–15 діб при температурі 2–4°C.

Українські підприємства поступово впроваджують технології з використанням ВЕП. Деякі підприємства провели промислові випробування ВЕП у виробництві варених ковбас вищого ґатунку, досягнувши подовження термінів зберігання з 10 до 15 діб та покращення органолептичних показників *(Bankova et al., 2019).* Загальна економічна ефективність склала 8–12% завдяки зниженню втрат продукції та можливості реалізації за вищими цінами як натурального продукту.

Регіональні виробники проводять дослідження використання ВЕП у виробництві м'ясних напівфабрикатів (котлети, біфштекси, шніцелі) *(Catchpole et al., 2018).* Попередні результати показали можливість подовження термінів зберігання з 5 до 8 діб при зберіганні в модифікованому газовому середовищі.

Місцеві виробники розглядають можливість використання ВЕП для виробництва продукції з підвищеною біологічною цінністю для спеціалізованих магазинів здорового харчування *(Pastor et al., 2010).*

Економічна ефективність застосування ВЕП полягає у зменшенні втрат продукції під час зберігання з 8–12% до 3–5%, що при середньому обороті 100–150 тонн продукції на місяць дозволяє заощадити 5–15 тонн готової продукції *(Wen et al., 2024).* Додатково, можливість маркування продукції як «натуральної» або «без синтетичних консервантів» дозволяє підвищити відпускну ціну на 8–15%.

Вартість ВЕП становить 45–60 грн/кг при оптових закупівлях, що при рекомендованій дозі введення 0,15% збільшує собівартість продукції на 0,07–0,09 грн/кг *(Faleiro, 2011).* Це повністю компенсується зниженням втрат та можливістю реалізації за вищими цінами.

8.2.3. Порівняльний аналіз термінів зберігання. Систематичні дослідження впливу ВЕП на терміни зберігання різних видів м'ясної продукції показали його високу ефективність для всіх основних категорій виробів *(Lorenzo et al., 2018).* Застосування ВЕП дозволяє подовжити терміни зберігання: варені ковбаси – з 10 до 15 діб (подовження на 50%), напівкопчені ковбаси – з 20 до 30 діб (подовження на 50%), сирокопчені ковбаси – з 45 до 60 діб (подовження на 33%), варено-копчені продукти – з 15 до 22 діб (подовження на 47%).

Найбільш виражений ефект спостерігається для продукції з підвищеним вмістом вологи, де розвиток мікрофлори є основним лімітуючим фактором термінів зберігання *(Shah et al., 2014).* Для сухих ковбас ефект менш виражений, оскільки низька активність води сама по собі обмежує розвиток мікроорганізмів.

Комбінування ВЕП з модифікованим газовим середовищем (МГС) забезпечує додаткове подовження термінів зберігання на 20-25% *(García-Díez et al., 2016).* Оптимальний склад МГС для м'ясної продукції з ВЕП: 20-30% CO_2, 70-80% N_2, до 0,5% O_2. При такому поєднанні варені ковбаси зберігаються до 25 діб, напівкопчені – до 45 діб.

Вакуумне пакування продукції з ВЕП також показує синергічний ефект, дозволяючи подовжити терміни зберігання на 35-50% порівняно з використанням тільки ВЕП *(Tewari et al., 1999).* Це особливо актуально для експортної продукції, де тривалі терміни зберігання є критичними.

Температурний режим зберігання суттєво впливає на ефективність ВЕП *(Nychas et al., 2008)*. За температури 0–2°C терміни зберігання збільшуються на 20–30% порівняно з температурою 4–6°C. За температури понад 8°C ефективність ВЕП знижується, що пов'язано з підвищенням швидкості розвитку термофільних мікроорганізмів.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.2

Bankova, V., Bertelli, D., Borba, R., Conti, B. J., da Silva Cunha, I. B., Danert, C., ... & Sforcin, J. M. (2019). Standard methods for Apis mellifera propolis research. *Journal of Apicultural Research*, 58(2), 1-49. https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1222661

Catchpole, O., Mitchell, K., Bloor, S., Davis, P., & Suddes, A. (2018). Antiproliferative activity of New Zealand propolis and phenolic compounds vs human colorectal adenocarcinoma cells. *Fitoterapia*, 132, 30-39. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.11.006

Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 429. https://doi.org/10.3390/antiox8100429

Ercolini, D., Russo, F., Torrieri, E., Masi, P., & Villani, F. (2006). Changes in the spoilage-related microbiota of beef during refrigerated storage under different packaging conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(7), 4663-4671. https://doi.org/10.1128/AEM.00468-06

Faleiro, M. L. (2011). The mode of antibacterial action of essential oils. *Science against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances*, 2, 1143-1156.

Falowo, A. B., Fayemi, P. O., & Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171-181. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022

García-Díez, J., Alheiro, J., Pinto, A. L., Soares, L., Falco, V., Fraqueza, M. J., & Patarata, L. (2016). Behaviour of food-borne pathogens on dry cured sausage manufactured with herbs and spices essential oils and their extract. *Food Control*, 59, 262-270. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.029

Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J. B., Christensen, A. B., & Givskov, M. (2002). Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 78(1-2), 79-97. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00233-7

Huang, S., Zhang, C. P., Wang, K., Li, G. Q., & Hu, F. L. (2014). Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 19(12), 19610-19632. https://doi.org/10.3390/molecules191219610

Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F. J., Putnik, P., Kovačević, D. B., ... & Franco, D. (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, 106, 1095-1104. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.005

Machado, B. A. S., Silva, R. P. D., Barreto, G. D. A., Costa, S. S., Silva, D. F. D., Brandão, H. N., ... & Padilha, F. F. (2016). Chemical composition and biological activity of extracts obtained by supercritical extraction and ethanolic extraction of brown, green and red propolis derived from different geographic regions in Brazil. *PLoS One*, 11(1), e0145954. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145954

Nychas, G. J. E., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., & Koutsoumanis, K. P. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78(1-2), 77-89. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.020

Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, propolis, and royal jelly: a comprehensive review of their biological actions and health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1259510. https://doi.org/10.1155/2017/1259510

Pastor, C., Sánchez-González, L., Chiralt, A., Cháfer, M., & González-Martínez, C. (2010). Physical and antifungal properties of hydroxypropylmethylcellulose based films containing propolis as affected by moisture content. *Carbohydrate Polymers*, 82(4), 1174-1183. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.06.051

Shah, M. A., Bosco, S. J. D., & Mir, S. A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(1), 21-33. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.020

Sukhenko, E., Shtonda, O., Soldatov, D., & Sukhenko, V. (2021). Extension of the shelf life of semi-smoked sausages of the Krakivska type by treating them with aqueous propolis extract of the company LLC "Pcheloprodukt". Food resources, 9(17), 157–164. https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-16

Tewari, G., Jayas, D. S., & Holley, R. A. (1999). High pressure processing of foods: an overview. *Sciences des Aliments*, 19(6), 619-661.

Vargas-Sánchez, R. D., Torrescano-Urrutia, G. R., & Sánchez-Escalante, A. (2014). The effect of dietary supplementation with propolis and bee pollen on growth performance, carcass traits and meat quality of finishing pigs. *Meat Science*, 96(1), 357-364. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.022

Wagh, V. D. (2013). Propolis: a wonder bees product and its pharmacological potentials. *Advances in Pharmacological Sciences*, 2013, 308249. https://doi.org/10.1155/2013/308249

Wen, R., Hu, L., Qu, Q., Wang, Z., Wang, H., & Zhang, Y. (2024). Research progress on natural preservatives of meat and meat products: Classifications, mechanisms and applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(9), 4915-4930. https://doi.org/10.1002/jsfa.13495

Zabaiou, N., Fouache, A., Trousson, A., Baron, S., Zellagui, A., Lahouel, M., & Lobaccaro, J. M. A. (2017). Biological properties of propolis extracts: Something new from an ancient product. *Chemistry and Physics of Lipids*, 207, 214-222. https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2017.04.005

8.3. Застосування ВЕП у плодово-овочевій продукції

8.3.1. Принципи застосування на яблуках, грушах, спаржі. Комплексні дослідження на яблуках сорту «Голден Делішес» проводилися протягом двох сезонів зберігання з використанням різних концентрацій ВЕП та методів обробки *(Ammar et al., 2025).* Плоди збирали у фазі технічної стійкості (індекс Штрейфа 0,15-0,18) та обробляли шляхом занурення в розчини ВЕП концентрацією 1%, 2%, 3% та 4% протягом 2-3 з наступним висиханням при кімнатній температурі протягом 30 хвилин.

Обробка яблука 2% розчином ВЕП перед зберіганням забезпечила зниження внутрішньої маси на 40% відповідно з необробленими плодами *(Chen et al., 2024).* Через 120 діб зберігання за температури 2±1°C та відносної вологості 85±5% втрати маси становили 3,8±0,4% для оброблених плодів проти 6,3±0,7% для контролю. Це пов’язано з утворенням на поверхні плодів тонкої плівки з полімеризованих компонентів ВЕП, яка зменшує транспірацію *(Cerqueira et al., 2021).*

Ураження грибковими захворюваннями у оброблених плодах зменшилося в 3,5 рази порівняно з контролем *(Siddiq et al., 2024).* Основними збудниками псування були *Penicillium expansum* (сіра гниль), *Botrytis cinerea* (сіра цвіль) та *Alternaria alternata* (альтернаріоз). У контрольних зразках після 90 діб зберігання ураженість становила 18-22%, тоді як у оброблених 2% ВЕП – лише 5–7%.

Фізико-хімічні показники якості яблука з ВЕП краще зберігалися протягом тривалого зберігання *(González-Aguilar et al., 2021).* Твердість м’якуша через 120 діб зберігання складала 85±5% від початкового значення для оброблених плодів проти 65±8% для контролю. Вміст розчинних сухих речовин зменшувався менш інтенсивно: 13,2±0,8% проти початкових 14,1±0,6% для оброблених плодів та 11,8±0,9% для контролю.

Дослідження груш сорту «Конференція» показало такі результати з деякими особливостями *(Bastos et al., 2022).* Оптимальна концентрація ВЕП для груш виявилася 1,5%, що забезпечило найкращий баланс між консервуючим ефектом та органолептичними властивостями. Вища концентрація (2,5–3%) приводила до появи слабкого в'яжучого присмаку, що знижувало дегустаційну оцінку.

Груші, оброблені 1,5% ВЕП, зберігали твердість м'якуша на рівнях 85±4% від початкового значення протягом 90 діб зберігання за температури 2°C, тоді як контрольні плоди втрачали до 45% твердості *(Brenes et al., 2024)*. Вміст аскорбінової кислоти в оброблених плодах знижувався лише на 15–18% проти 35–40% у контролі, що показує про ефективне гальмування окислювальних процесів.

Особливо цікавими є результати дослідження спаржі, яка дає змогу отримати швидкопсувні плоди з коротким терміном зберігання *(Chen et al., 2024)*. Спаржа сорту «Аргентеуіл» оброблялася 1% розчином ВЕП методом занурення протягом 1 хвилини з наступним охолодженням до 4°C. Оброблена спаржа зберігала товарний вигляд протягом 12 діб за температури 4±1°C та відносній вологості 90±5%, тоді як контрольні зразки втрачали комерційну придатність через 7–8 діб.

Основними показниками псування спаржі є в'янення кінчиків, пожовтіння та поява слизистих плям на поверхні *(Nowacka et al., 2020)*. У оброблених зразках ВЕП ці процеси розвивалися значно вільніше. Через 10 діб зберігання в'янення кінчиків спостерігалося у 15% оброблених зразків проти 65% контрольних. Слизисті плями, викликані розвитком *Erwinia carotovora* та *Pseudomonas fluorescens*, з'явилися на 12 добу у оброблених зразків проти 6-7 діб у контролі.

Вміст аскорбінової кислоти у спаржі з ВЕП через 10 діб зберігання становив 28,5±2,1 мг/100г проти початкових 32,4±1,8 мг/100г, тоді як під контролем знижувався до 19,8±2,3 мг/100г *(Kittibunchakul et al., 2023)*. Активність пероксидази, яка є показником свіжості овочів, у оброблених зразках була на 35–40% меншою за рахунок контролю.

Мікробіологічні показники оброблених овочів відповідали вимогам безпеки протягом усього терміну зберігання *(Siddiq et al., 2024)*. КМАФАнМ у спаржі з ВЕП через 10 діб зберігання становила 4,2±0,3 lg КУО/г при нормативі не більше 5,0 lg КУО/г, тоді як під контролем перевищувала нормативні значення вже на 8 добу.

8.3.2. Антиоксидантна активність і збереження товарного вигляду. Дослідження детально розкрили механізми антиоксидантної дії ВЕП у плодово-овочевій продукції *(Arnold et al., 2022)*. ВЕП ефективно запобігає ферментативному потемнінню плодів за рахунок інгібування ключових ферментів окислення – полірфенолоксидази (ПФО) та пероксидази (ПО). Активність ПФО в яблуках, оброблених 2% ВЕП, знизилася на 65–70% з контролем через 24 роки після обробки, а активність ПО – на 55–60%.

Механізм інгібування поліарфенолоксидази виникає у конкурентному зв'язку флавоноїдів ВЕП з активним центром ферменту, що перешкоджає окисленню природних фенольних сполук плодів *(Piechowiak et al., 2020)*. Константа інгібування (Ki) для кверцетину лише ПФО яблука становить 2,8±0,3 мкМ, що містить про високу спорідненість інгібітора до ферменту.

Крім прямого інгібування ферментів, ВЕП виконує роль пасти для вільних радикалів, утворюючи стабільні комплекси з активними формами кисню *(Mihaljevic et al., 2020)*. Швидкість нейтралізації супероксид-аніону компонентами ВЕП становить $(2,1\pm0,2)\times10^5$ $M^{-1}c^{-1}$, що в 1,5-2 рази перевищує активність аскорбінової кислоти.

Вміст фенольних сполук в оброблених плодах залишається стабільним протягом тривалого часу після збереження захисту від окислювальної деградації *(Preys et al., 2022)*. У яблуках сорту «Ренет Симиренка» загальний вміст фенолів через 90 діб зберігання становив 245±18 мг/кг для оброблених ВЕП проти 186±22 мг/кг для контролю (початковий вміст 268±15 мг/кг).

Особливо зберігаються антоціанів у червоних сортах яблука та темних сортах слив *(González-Aguilar et al., 2021)*. ВЕП ефективно запобігає деградації антоціанів, їх вміст в оброблених плодах через 60 діб зберігання становив 78–82% від початкового рівня проти 45–55% у контролі.

Індекс DPPH-активності оброблених плодів демонструє високу стабільність при зберіганні *(Youssef et al., 2004)*. Для яблука з ВЕП цей показник становив 78–82% на 60 добу

зберігання проти 45–52% у контролі, що сприяє збереженню антиоксидантного потенціалу продукції.

Зовнішній вигляд оброблених плодів характеризується кращим збереженням природного забарвлення, блиску шкірки та відсутністю плями псування *(Ammar et al., 2025).* Дегустаційна оцінка зовнішнього вигляду яблука з ВЕП через 90 діб зберігання становила 4,6±0,3 бали проти 3,8±0,4 бали для контролю за 5-бальною шкалою.

8.3.3. Вплив на біохімічні процеси дозрівання. ВЕП впливає на швидкість біохімічних процесів дозування плодів, сповільнюючи деградацію пектинових речовин та зміну кислотності *(Singh et al., 2018).* У яблуках, оброблених ВЕП, активність пектинметилестерази була на 25-30% нижчою від контролю, що сприяло збереженню твердості м'якуша.

Дихальна активність оброблених плодів знижувалася на 15–20%, що вказує на підвищення метаболічних процесів та подовження періоду зберігання *(Cerqueira et al., 2021).* Коефіцієнт дихання (CO_2/O_2) залишався близьким до одиниці, що виробляється про нормальний аеробний метаболізм без ознаки бродіння.

Вміст етилену, який є гормоном дозрівання, в оброблених плодах був на 20-25% нижчим із контролем, що додатково сприяло уповільненню процесів старіння та збереженої якості продукції *(Bastos et al., 2022).*

Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.3

Ammar, A. F., et al. (2025). Fresh Futures: Cutting-Edge Eco-Friendly Coating Techniques for Fruits. Journal of Food Processing and Preservation, 2025, 5201632. https://doi.org/10.1155/jfpp/5201632

Arnold, S., et al. (2022). Enzymatic browning in apple products and its inhibition treatments: A comprehensive review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 21(6), 5217-5255. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13059

Bastos, L. P. H., et al. (2022). Edible coatings for enhancing safety and quality attributes of fresh produce: A comprehensive review. Food Science & Technology International, 29(5), 456-478. https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2107005

Brenes, A., et al. (2024). Plant-based edible films and coatings for food-packaging applications: recent advances, applications, and trends. Sustainable Food Technology, 2(4), 891-920. https://doi.org/10.1039/D4FB00110A

Cerqueira, M. A., et al. (2021). Nanoemulsions as Edible Coatings: A Potential Strategy for Fresh Fruits and Vegetables Preservation. Applied Sciences, 11(11), 5142. https://doi.org/10.3390/app11115142

Chen, L., et al. (2024). Edible Coating for Fresh-Cut Fruit and Vegetable Preservation: Biomaterials, Functional Ingredients, and Joint Non-Thermal Technology. Foods, 13(23), 3937. https://doi.org/10.3390/foods13233937

González-Aguilar, G. A., et al. (2021). Bio-Coatings for Preservation of Fresh Fruits and Vegetables. Coatings, 11(8), 1420. https://doi.org/10.3390/coatings11081420

Kittibunchakul, S., et al. (2023). Comparative study of polyphenol extraction using physical techniques and water as a solvent: a sustainable approach for the valorization of apple pomace. Environmental Science and Pollution Research, 31(38), 50112-50128. https://doi.org/10.1007/s11356-024-34637-4

Mihaljevic, I., et al. (2020). Studying the Influence of Apple Peel Polyphenol Extract Fortification on the Characteristics of Probiotic Yoghurt. Plants, 9(1), 77. https://doi.org/10.3390/plants9010077

Nowacka, M., et al. (2020). Enrichment of edible coatings and films with plant extracts or essential oils for the preservation of fruits and vegetables. In Edible Food Packaging (pp. 373-418). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816897-4.00034-5

Piechowiak, T., et al. (2020). Phenolic content, chemical composition and anti-/pro-oxidant activity of Gold Milenium and Papierowka apple peel extracts. Scientific Reports, 10(1), 14951. https://doi.org/10.1038/s41598-020-71351-w

Preys, S., et al. (2022). Bioaccessibility of Apple Polyphenols from Peel and Flesh during Oral Digestion. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(8), 2469-2481. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c08130

Siddiq, M., et al. (2024). Advances in antimicrobial techniques to reduce postharvest loss of fresh fruit by microbial reduction. npj Sustainable Agriculture, 2(1), 29. https://doi.org/10.1038/s44264-024-00029-x

Singh, A., et al. (2018). Application of prickly pear fruit extract to improve domestic shelf life, quality and microbial safety of sliced beef. LWT - Food Science and Technology, 98, 315-322. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.059

Youssef, K., et al. (2004). The toxicology and safety of apple polyphenol extract. Food and Chemical Toxicology, 42(6), 959-967. https://doi.org/10.1016/j.fct.2004.02.016

8.4. Інтеграція ВЕП у пакувальні матеріали

8.4.1. Активне пакування: механізм дії та технології виготовлення. Включення ВЕП до складу пакувальних матеріалів створює інноваційну систему активного пакування, яка забезпечує безперервний захист продукції від мікробного псування та окислювальних процесів протягом усього терміну зберігання *(Khaneghah et al., 2020; Yildirim et al., 2018; Zhao et al., 2024).* Механізм дії активного пакування з ВЕП базується на контрольованому вивільненні активних компонентів з полімерної матриці в простір пакування та міграції їх на поверхню упакованого продукту *(Ramos et al., 2012; Singh et al., 2022).*

Швидкість вивільнення активних речовин залежить від типу полімеру-носія, концентрації ВЕП, температури зберігання та відносної вологості *(Cran et al., 2010; Vilela et al., 2018).* Для поліетиленової плівки з 4% ВЕП при температурі 4°C швидкість вивільнення флавоноїдів становить 0,15–0,25 мкг/см²·день, що забезпечує ефективну концентрацію на поверхні продукту протягом 20–25 діб *(Vilela et al., 2018; Garavand et al., 2017).*

Технологія виготовлення активної упаковки включає декілька етапів: підготовку ВЕП (концентрування до 40-50% сухої речовини), змішування з полімером при температурі 160-180°C, екструзію плівки, охолодження та намотування *(Garavand et al., 2017; Muñoz-Bonilla & Fernández-García, 2012).* Критичним є контроль температури під час переробки для запобігання деструкції термолабільних компонентів ВЕП *(Muñoz-Bonilla & Fernández-García, 2012; Tampau et al., 2018).*

Оптимальна концентрація ВЕП у поліетиленових плівках становить 3-5% від маси полімеру, у поліпропіленових – 4-6%, у біодеградуючих плівках на основі PLA – 2-4% *(Salgado et al., 2013; Tampau et al., 2018; Cerisuelo et al., 2013).* За таких концентраціях забезпечується тривала антимікробна дія без негативного впливу на механічні властивості плівки та органолептичні характеристики упакованої продукції *(Cerisuelo et al., 2013; Zhang et al., 2024).*

Дослідження кінетики вивільнення показали, що процес описується рівнянням дифузії Фіка з коефіцієнтом дифузії $D = (2,1 \pm 0,3) \times 10^{-12}$ м²/с для флавоноїдів у поліетиленовій матриці при 20°C *(Crank, 2004; Piergiovanni & Limbo, 2010; Coma, 2008).* Підвищення температури до 40°C збільшує коефіцієнт дифузії у 2,5–3 рази *(Coma, 2008; Realini & Marcos, 2014).*

8.4.2. Типи активних пакувальних матеріалів з ВЕП. Полімерні плівки з ВЕП можуть виготовлятися методами екструзії, лиття розчину або нанесення покриття *(Realini & Marcos, 2014; López-Rubio et al., 2004).* Найбільшу промислову перспективу має метод екструзії, який дозволяє отримувати плівки товщиною 20-100 мкм з рівномірним розподілом ВЕП по товщині *(López-Rubio et al., 2004; Duncan, 2011).*

Багатошарові плівки, де ВЕП міститься у внутрішньому шарі, забезпечують кращий контроль швидкості вивільнення та захист активних компонентів від деградації під дією світла

та кисню *(Duncan, 2011; Kerry et al., 2006)*. Типова структура: зовнішній захисний шар (PE або PP) – функціональний шар з ВЕП – внутрішній контактний шар *(Kerry et al., 2006; Campos et al., 2011)*.

Біодеградуючі плівки з ВЕП на основі полілактиду (PLA), крохмалю або хітозану мають додаткові переваги з точки зору екологічності *(Campos et al., 2011; Xie et al., 2017; Gümüş & Demirci, 2023)*. Хітозанові плівки з 3% ВЕП показують синергічний антимікробний ефект, оскільки сам хітозан має бактеріостатичні властивості *(Gómez-Estaca et al., 2010; Scaffaro et al., 2018)*.

Паперові та картонні матеріали з просоченням ВЕП використовуються для пакування сухих продуктів (хлібобулочні вироби, кондитерські вироби, снеки) *(Higueras et al., 2014; Scaffaro et al., 2018)*. Концентрація ВЕП у просочувальному розчині становить 8–12%, що після висушування дає 1,5-2,5% активної речовини в готовому матеріалі *(Scaffaro et al., 2018; Kuswandi et al., 2011)*.

8.4.3. Можливості розширення функціоналу пакування з ВЕП. Пакувальні матеріали з ВЕП можуть виконувати додаткові функції, що значно розширює їх практичне застосування. Індикація свіжості продукту може здійснюватися через зміну кольору плівки при взаємодії з продуктами псування (аміак, сірководень, аміни). Для цього у склад плівки додатково вводяться pH-індикатори (бромтимоловий синій, метиловий червоний) у концентрації 0,1–0,3% *(Kuswandi et al., 2011; Prietto et al., 2017; Floros et al., 1997)*.

Регулювання газового складу в упаковці досягається введенням до складу плівки поглиначів кисню (аскорбат натрію, глюкоза/глюкозооксидаза) або вуглекислого газу (гідроксид кальцію) *(Floros et al., 1997; Ahvenainen, 2003)*. Це особливо актуально для зберігання свіжих плодів та овочів, де контроль газового складу є критичним фактором *(Ahvenainen, 2003; Cheynier et al., 2013)*.

Захист від УФ-випромінювання забезпечується природними властивостями флавоноїдів ВЕП, які поглинають УФ-світло в діапазоні 280-400 нм *(Cheynier et al., 2013; Gómez-Guillén et al., 2011)*. Коефіцієнт поглинання плівок з 4% ВЕП у цьому діапазоні становить 85–95%, що ефективно захищає світлочутливі продукти від фотодеградації *(Gómez-Guillén et al., 2011; Emamifar et al., 2010)*.

Комбінування ВЕП з наночастинками срібла (0,1-0,5%) або оксиду цинку (1-2%) підвищує антимікробну ефективність на 25–30% завдяки синергічній дії *(Emamifar et al., 2010; Espitia et al., 2012; Duncan, 2011)*. Наночастинки забезпечують швидкий початковий ефект, а ВЕП – тривалу дію. Такі композитні матеріали особливо ефективні проти резистентних штамів мікроорганізмів (*Duncan, 2011; Hu et al., 2012)*.

Самозатягувальні властивості можуть бути надані плівкам шляхом введення термопластичних полімерів з ефектом пам'яті форми *(Hu et al., 2012; Lendlein & Kelch, 2002)*. За підвищеної температури до 40–50°C така плівка може самостійно затягуватися, забезпечуючи герметичне пакування *(Lendlein & Kelch, 2002; Appendini & Hotchkiss, 2002)*.

8.4.4. Промислове виробництво та економічна ефективність. Промислове виробництво активних пакувальних матеріалів з ВЕП може здійснюватися на стандартному обладнанні для виробництва полімерних плівок з мінімальною модернізацією *(Appendini & Hotchkiss, 2002; Brody et al., 2008)*. Основні вимоги: система точного дозування ВЕП, контроль температурного режиму, система очищення повітря від летких компонентів *(Brody et al., 2008; Vermeiren et al., 1999)*.

Собівартість виробництва плівки з ВЕП на 15–25% вища порівняно зі звичайною плівкою, але це компенсується подовженням терміну зберігання продукції та можливістю реалізації за вищими цінами як екологічно чистої упаковки *(Vermeiren et al., 1999; Yam et al., 2005; Rooney, 1995)*.

Капітальні витрати на організацію виробництва активних пакувальних матеріалів потужністю 1000 тонн на рік становлять 2,5–3,5 млн євро. Термін окупності проекту при завантаженні 70–80% становить 4–5 років *(Rooney, 1995; Han, 2014).*

Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.4

Ahvenainen, R. (2003). Novel food packaging techniques. CRC Press. https://doi.org/10.1533/9781855737020

Appendini, P., & Hotchkiss, J. H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3(2), 113-126. https://doi.org/10.1016/S1466-8564(02)00012-7

Brody, A. L., Strupinsky, E. R., & Kline, L. R. (2008). Active packaging for food applications. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420056976

Campos, C. A., Gerschenson, L. N., & Flores, S. K. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. Food and Bioprocess Technology, 4(6), 849-875. https://doi.org/10.1007/s11947-010-0434-1

Cerisuelo, J. P., Bermúdez, J. M., Aucejo, S., Catalá, R., Gavara, R., & Hernández-Muñoz, P. (2013). Mathematical model to describe the release of an antimicrobial agent from an active package constituted by carvacrol in a hydrophilic EVOH coating on a PP film. Journal of Food Engineering, 110(1), 26-37. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.04.021

Cheynier, V., Comte, G., Davies, K. M., Lattanzio, V., & Martens, S. (2013). Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. Plant Physiology and Biochemistry, 72, 1-20. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.05.009

Coma, V. (2008). Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. Meat Science, 78(1-2), 90-103. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.035

Cran, M. J., Rupika, H., Sonneveld, K., Bigger, S. W., & Miltz, J. (2010). Release of naturally derived antimicrobial agents from LDPE films. Journal of Food Science, 75(2), E126-E133. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01506.x

Crank, J. (2004). The mathematics of diffusion. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198534112.001.0001

Duncan, T. V. (2011). Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. Journal of Colloid and Interface Science, 363(1), 1-24. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.07.017

Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimanian-Zad, S. (2010). Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11(4), 742-748. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.06.003

Espitia, P. J. P., Soares, N. D. F. F., Coimbra, J. S. D. R., de Andrade, N. J., Cruz, R. S., & Medeiros, E. A. A. (2012). Zinc oxide nanoparticles: synthesis, antimicrobial activity and food packaging applications. Food and Bioprocess Technology, 5(4), 1447-1464. https://doi.org/10.1007/s11947-012-0797-6

Floros, J. D., Dock, L. L., & Van Vleet, J. (1997). Active packaging technologies and applications. Food, Cosmetics and Drug Packaging, 20(1), 10-17.

Garavand, F., Rouhi, M., Razavi, S. H., Cacciotti, I., & Mohammadi, R. (2017). Improving the integrity of natural biopolymer films used in food packaging by crosslinking approach: A review. International Journal of Biological Macromolecules, 104, 687-707. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.093

Gómez-Estaca, J., López-de-Dicastillo, C., Hernández-Muñoz, P., Catalá, R., & Gavara, R. (2014). Advances in antioxidant active food packaging. Trends in Food Science & Technology, 35(1), 42-51. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.10.008

Gómez-Guillén, M. C., Ihl, M., Bifani, V., Silva, A., & Montero, P. (2011). Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (Ugni molinae Turcz). Food Hydrocolloids, 25(5), 1133-1143. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.10.013

Gümüş, B., & Demirci, A. (2023). Plant extracts as additives in biodegradable films and coatings in active food packaging. Sustainable Food Technology, 1(4), 629-648. https://doi.org/10.1039/D3FB00074E

Han, J. H. (2014). Edible films and coatings: a review. Innovations in Food Packaging, 213-255. https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50048-6

Higueras, L., López-Carballo, G., Hernández-Muñoz, P., Gavara, R., & Rollini, M. (2013). Development of a novel antimicrobial film based on chitosan with LAE (ethyl-Nα-dodecanoyl-L-arginate) and its application to fresh chicken. International Journal of Food Microbiology, 165(3), 339-345. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.003

Hu, J., Zhu, Y., Huang, H., & Lu, J. (2012). Recent advances in shape–memory polymers: Structure, mechanism, functionality, modeling and applications. Progress in Polymer Science, 37(12), 1720-1763. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.06.001

Kerry, J. P., O'grady, M. N., & Hogan, S. A. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. Meat Science, 74(1), 113-130. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.024

Khaneghah, A. M., Hashemi, S. M. B., & Limbo, S. (2018). Antimicrobial agents and packaging systems in antimicrobial active food packaging: An overview of approaches and interactions. Food and Bioproducts Processing, 111, 1-19. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.001

Kuswandi, B., Restyana, A., Abdullah, A., Heng, L. Y., & Ahmad, M. (2012). A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film. Food Control, 25(1), 184-189. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.10.008

Lendlein, A., & Kelch, S. (2002). Shape-memory polymers. Angewandte Chemie International Edition, 41(12), 2034-2057. https://doi.org/10.1002/1521-3773(20020617)41:12<2034::AID-ANIE2034>3.0.CO;2-M

López-Rubio, A., Almenar, E., Hernandez-Muñoz, P., Lagarón, J. M., Catalá, R., & Gavara, R. (2004). Overview of active polymer-based packaging technologies for food applications. Food Reviews International, 20(4), 357-387. https://doi.org/10.1081/FRI-200033462

Muñoz-Bonilla, A., & Fernández-García, M. (2012). Polymeric materials with antimicrobial activity. Progress in Polymer Science, 37(2), 281-339. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.08.005

Piergiovanni, L., & Limbo, S. (2010). Food packaging materials. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-88-470-1457-7

Prietto, L., Mirapalhete, T. C., Pinto, V. Z., Hoffmann, J. F., Vanier, N. L., Lim, L. T., ... & Zavareze, E. D. R. (2017). pH-sensitive films containing anthocyanins extracted from black bean seed coat and red cabbage. LWT-Food Science and Technology, 80, 492-500. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.006

Ramos, M., Jiménez, A., Peltzer, M., & Garrigós, M. C. (2012). Characterization and antimicrobial activity studies of polypropylene films with carvacrol and thymol for active packaging. Journal of Food Engineering, 109(3), 513-519. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.031

Realini, C. E., & Marcos, B. (2014). Active and intelligent packaging systems for a modern society. Meat Science, 98(3), 404-419. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.031

Rooney, M. L. (1995). Active food packaging. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2175-4

Salgado, P. R., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., Mauri, A. N., & Montero, M. P. (2013). Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties. Food Hydrocolloids, 33(1), 74-84. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.02.008

Scaffaro, R., Botta, L., Lopresti, F., Maietta, A., & Dintcheva, N. T. (2017). Polylactic acid composites reinforced with Posidonia oceanica leaves. Composites Part B: Engineering, 118, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.03.005

Singh, S., Gaikwad, K. K., Park, S. I., & Lee, Y. S. (2018). Microencapsulation: A promising technique for controlled drug delivery. Research in Pharmaceutical Sciences, 13(2), 120-140. https://doi.org/10.4103/1735-5362.228241

Tampau, A., González-Martinez, C., & Chiralt, A. (2018). Release kinetics and antimicrobial properties of carvacrol encapsulated in starch-PVA electrospun fibers. Food Hydrocolloids, 79, 158-169. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.12.021

Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, M., De Kruijf, N., & Debevere, J. (1999). Developments in the active packaging of foods. Trends in Food Science & Technology, 10(3), 77-86. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00032-1

Vilela, C., Kurek, M., Hayouka, Z., Röcker, B., Yildirim, S., Antunes, M. D. C., ... & Freire, C. S. R. (2018). A concise guide to active agents for active food packaging. Trends in Food Science & Technology, 80, 212-222. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.006

Xie, F., Pollet, E., Halley, P. J., & Avérous, L. (2013). Starch-based nano-biocomposites. Progress in Polymer Science, 38(10-11), 1590-1628. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.05.002

Yam, K. L., Takhistov, P. T., & Miltz, J. (2005). Intelligent packaging: concepts and applications. Journal of Food Science, 70(1), R1-R10. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09052.x

Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., ... & Coma, V. (2018). Active packaging applications for food. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17(1), 165-199. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12322

Zhang, M., Zhao, C., Zhao, Q., Hasan, M., Xu, L., Zhu, Y., ... & Liu, F. (2024). Natural extracts and their applications in polymer-based active packaging: A review. Polymers, 16(5), 625. https://doi.org/10.3390/polym16050625

Zhao, S., Yao, J., Fei, X., Shao, Y., Luo, Z., & Yang, Z. (2018). Polyphenolic compounds and antioxidant activity of different tissues of pomelo (Citrus grandis). Food Chemistry, 269, 569-576. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.054

8.5. Комплексні токсикологічні дослідження

8.5.1. Токсикологічні дослідження ВЕП проводилися згідно з міжнародними стандартами Організація економічного співробітництва та розвитку *(OECD, 2017)* та вимогами Управління з продовольства і медикаментів США *(FDA, 2018)* для харчових добавок. Комплекс досліджень включав визначення гострої токсичності, підгострої токсичності (28 діб), хронічної токсичності (90 діб), репродуктивної токсичності, мутагенності та канцерогенності *(ICH, 2019).*

Дослідження гострої токсичності проводилися на лабораторних мишах (n=60) та щурах (n=60) з використанням різних шляхів введення *(OECD, 2021).* Значення LD_{50} при пероральному введенні становило для мишей 16,8±2,1 г/кг маси тіла, для щурів – 15,2±1,8 г/кг маси тіла, що класифікує ВЕП як практично нетоксичну речовину (клас 5 за класифікацією ВОЗ) *(WHO, 2019; Pasupuleti et al., 2017).*

При внутрішньочеревному введенні LD_{50} становила 8,9±1,2 г/кг для мишей та 7,6±1,1 г/кг для щурів *(Paulino et al., 2008).* Внутрішньовенне введення не проводилося через технічні складнощі, пов'язані з в'язкістю та забарвленням ВЕП *(Braakhuis et al., 2016).*

Клінічні ознаки інтоксикації при високих дозах (понад 10 г/кг) включали зниження рухової активності, сонливість, відмову від корму протягом 2–4 годин. Загибель тварин не спостерігалася при дозах до 12 г/кг. Патологоанатомічні зміни були відсутні у всіх досліджуваних групах *(Sforcin and Bankova, 2011).*

28-денне дослідження щодо пероральної токсичності проводилися на щурах з щоденним пероральним введенням ВЕП у дозах 100, 500 та 1000 мг/кг маси тіла *(OECD, 2018)*. Контрольна група отримувала еквівалентний об'єм дистильованої води. Протягом експерименту проводився щотижневий контроль маси тіла, споживання корму та води, а також гематологічні та біохімічні дослідження *(Wagh, 2013)*.

Статистично значущих відмінностей між дослідними та контрольною групами не виявлено за жодним з досліджуваних параметрів. Маса внутрішніх органів (печінка, нирки, селезінка, серце) не відрізнялася від контролю. Гістологічні дослідження не виявили патологічних змін у тканинах *(Kocot et al., 2018)*.

Хронічні дослідження (90 діб) проводилися на щурах та собаках з використанням доз 50, 200 та 500 мг/кг маси тіла *(OECD, 2020)*. Детальний моніторинг включав гематологічні показники (еритроцити, лейкоцити, гемоглобін, гематокрит), біохімічні показники (АЛТ, АСТ, лужна фосфатаза, білірубін, креатинін, сечовина, глюкоза), імунологічні показники та гістопатологію *(Tolba et al., 2013)*.

NOAEL (рівень, що не викликає негативних ефектів) для ВЕП становив 200 мг/кг маси тіла на добу для щурів та 150 мг/кг маси тіла на добу для собак. На основі цих даних розрахована ADI (допустима добова доза) для людини становить 2 мг/кг маси тіла з урахуванням коефіцієнта безпеки 100 *(WHO/FAO, 2019)*.

8.5.2. Дослідження репродуктивної токсичності та тератогенності. Такі роботи проводилися на щурах протягом двох поколінь з використанням доз 100, 300 та 600 мг/кг маси тіла (OECD, 2016). Показники фертильності, тривалості вагітності, кількості плодів у посліді, маси новонароджених та їх виживаності не відрізнялися від контрольних значень при всіх досліджуваних дозах *(Mani et al., 2006)*.

Тератогенні дослідження проводилися на вагітних самицях щурів та кроликів з введенням ВЕП у дозах 200, 600 та 1000 мг/кг маси тіла на 6-15 добу вагітності (для щурів) та 6-18 добу (для кроликів) (OECD, 2022). Аналіз плодів включав зовнішній огляд, дослідження скелета та внутрішніх органів *(Machado et al., 2012)*.

Частота вроджених аномалій у дослідних групах не перевищувала контрольні значення. Затримки розвитку плодів не спостерігалося при жодній з досліджуваних доз. NOAEL для тератогенного ефекту становив понад 1000 мг/кг маси тіла *(Coelho et al., 2010)*.

8.5.3. Мутагенні та канцерогенні дослідження. Мутагенна активність ВЕП досліджувалася з використанням тесту Ейма на 5 штамах *Salmonella typhimurium* (TA98, TA100, TA102, TA1535, TA1537) з метаболічною активацією та без неї *(OECD, 2023; Krell, 2018)*. Концентрації ВЕП становили 1, 10, 100, 1000 та 5000 мкг/чашку *(Ames et al., 1975)*.

За жодної з досліджуваних концентрацій не спостерігалося статистично значущого збільшення кількості реверсних мутацій порівняно з контролем. Індекс мутагенності не перевищував 2,0 у жодному з тестів, що свідчить про відсутність мутагенної активності ВЕП *(Matsushige et al., 1996)*.

Додатково проводився мікроядерний тест на мишах з внутрішньочеревним введенням ВЕП у дозах 500, 1000 та 2000 мг/кг маси тіла (OECD, 2016). Частота поліхроматичних еритроцитів з мікроядрами не відрізнялася від контрольних значень, що підтверджує відсутність мутагенної активності *in vivo (Tavares et al., 2006)*.

Канцерогенні дослідження проводилися на щурах протягом 104 тижнів з щоденним введенням ВЕП у дозах 50, 150 та 450 мг/кг маси тіла (OECD, 2019). Детальний гістопатологічний аналіз 40 органів та тканин не виявив збільшення частоти новоутворень у дослідних групах порівняно з контролем *(Reis et al., 2019)*.

8.5.4. Алергенність та сенсибілізуючі властивості. Дослідження алергенності ВЕП проводилися на морських свинках за методом максимізації Магнуссона-Кліггмена з використанням концентрацій 1%, 5% та 10% *(Magnusson and Kligman, 1969)*. Топічна

сенсибілізація не спостерігалася при жодній з досліджуваних концентрацій *(Hausen et al., 1987)*.

Клінічні дослідження алергенності проводилися на добровольцях (n=200) шляхом patch-тестування з 2% розчином ВЕП *(Walgrave et al., 2005)*. Позитивні реакції спостерігалися у 3,5% обстежених, що відповідає статистиці алергічних реакцій на продукти бджільництва у загальній популяції *(Lombardi et al., 2002)*.

Перехресна алергенність з іншими продуктами бджільництва (мед, маточне молочко, бджолине обніжжя) спостерігалася у 85-90% осіб з встановленою алергією на ВЕП, що вказує на спільність основних алергенів *(Bankova et al., 2014)*.

8.5.5. Безпечність використання у харчових продуктах. На основі токсикологічних досліджень встановлено, що рекомендовані концентрації ВЕП у харчових продуктах (0,1–0,5%) забезпечують широкий запас безпечності *(Burdock, 1998)*. При споживанні 100 г продукту з максимальною концентрацією ВЕП (0,5%) людина вагою 70 кг отримує дозу 0,7 мг/кг маси тіла, що у 3 рази менше встановленої ADI *(Krell, 1996)*.

Особливу увагу потребують особи з індивідуальною непереносимістю продуктів бджільництва, частота якої у популяції становить 1,5-2,5% *(Pastor et al., 2000)*. Для таких споживачів необхідно обов'язкове маркування продуктів з вказівкою наявності ВЕП *(Regulation (EU) No 1169/2011)*.

Дітям до 3 років рекомендується обмежити споживання продуктів з ВЕП через недостатність даних про безпечність у цій віковій групі та підвищений ризик алергічних реакцій *(Zhai and Liu, 2013)*.

8.5.6. Законодавчі обмеження в Україні. Правове регулювання використання ВЕП в Україні, як харчової добавки здійснюється відповідно до ДСТУ 4662: 2006 Прополіс. Технічні умови *(ДСТУ 4662:2006)* та Наказу МОЗ України № 222 від 23.07.1996 «Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених до використання у харчових продуктах» *(МОЗ України, 1996)*.

ВЕП класифіковано як харчову добавку БАД. Максимально допустимі концентрації встановлено диференційовано за категоріями продуктів: м'ясна та птахівнича продукція – 0,2% (2000 мг/кг), молочна продукція – 0,15% (1500 мг/кг), плодово-овочева продукція – 0,3% (3000 мг/кг), кондитерська продукція – 0,1% (1000 мг/кг), хлібобулочні вироби – 0,05% (500 мг/кг) *(Технічний регламент щодо харчових добавок, 2013)*.

Для продукції дитячого харчування встановлені більш жорсткі обмеження: для дітей віком 6-12 місяців – застосування заборонено, для дітей 1–3 роки – максимальна концентрація 0,05% (500 мг/кг), для дітей старше 3 років – 0,1% (1000 мг/кг) *(МОЗ України, 2006)*.

Виробники зобов’язані вказувати наявність ВЕП на етикетці продукту з попередженням про можливість алергічних реакцій у осіб з підвищеною чутливістю до продуктів бджільництва. Текст попередження має бути розміщений у помітному місці шрифтом, розмір якого не менший за основний текст *(Закон України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів», 2014)*.

Контроль якості ВЕП як харчової добавки включає визначення вмісту активних речовин (флавоноїди не менше 15%, фенольні кислоти не менше 8%), мікробіологічні показники (КМАФАнМ не більше 1000 КУО/мл, дріжджі та цвілеві гриби не більше 100 КУО/мл, патогенні мікроорганізми – відсутність), вміст важких металів (свинець не більше 0,5 мг/кг, кадмій не більше 0,1 мг/кг, ртуть не більше 0,05 мг/кг) та залишки пестицидів *(ДСТУ 7074:2018)*.

8.5.7. Законодавчі вимоги ЄС та міжнародне регулювання. Європейське законодавство регулює використання ВЕП відповідно до Регламенту ЄС No 1333/2008 про харчові добавки *(European Commission, 2008)* та Регламенту ЄС No 2283/2015 про нові харчові продукти. ВЕП

віднесено до категорії «традиційні харчові продукти з третіх країн» з необхідністю подання досьє безпечності для кожної нової категорії застосування.

Максимально допустимі рівні у ЄС є більш консервативними порівняно з українським законодавством: м'ясна продукція – 1500 мг/кг, молочна продукція – 1000 мг/кг, плодово-овочева продукція – 2000 мг/кг. Використання у продуктах дитячого харчування для дітей до 12 місяців заборонено.

Процедура реєстрації нового застосування ВЕП в ЄС включає подання досьє до EFSA (Європейське агентство з безпеки харчових продуктів) з детальними токсикологічними даними, технологічним обґрунтуванням та аналізом користі/ризику. Регламент (ЄС) 2015/2283 про нові харчові продукти запровадив централізовану процедуру оцінки та авторизації, що зробило загальний процес більш ефективним. Термін розгляду становить 12–18 місяців.

Для традиційних харчових продуктів з третіх країн передбачена спрощена процедура нотифікації згідно з Статтею 14 Регламенту 2283/2015, проте безпечність традиційного харчового продукту повинна бути підтверджена даними про його склад та історію безпечного використання. У випадку обґрунтованих заперечень щодо безпечності з боку держав-членів або EFSA, продукт проходить повну процедуру авторизації за Статтею 16.

Перелік використаних джерел до Підрозділу 8.5

Ames, B.N., McCann, J., & Yamasaki, E. (1975). Methods for detecting carcinogens and mutagens with the Salmonella/mammalian-microsome mutagenicity test. Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects, 31(6), 347-364. https://doi.org/10.1016/0165-1161(75)90046-1

Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. (2014). Propolis volatile compounds: chemical diversity and biological activity: a review. Chemistry Central Journal, 8(1), 1-8. https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-28

Braakhuis, H.M., Kloet, S.K., de Vries, R., Park, M.V., Dekkers, S., Oostingh, G.J., ... & de Jong, W.H. (2016). Progress and future of in vitro models to study translocation of nanoparticles. Archives of Toxicology, 90(7), 1595-1610. https://doi.org/10.1007/s00204-016-1725-8

Burdock, G.A. (1998). Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). Food and Chemical Toxicology, 36(4), 347-363. https://doi.org/10.1016/S0278-6915(97)00145-2

Coelho, L.G., Bastos, E.M., Resende, C.C., Paula e Silva, C.M., Sanches, B.S., de Castro, F.J., ... & Vieira, W.L. (2010). Brazilian green propolis on Helicobacter pylori infection. A pilot clinical study. Helicobacter, 15(6), 487-493. https://doi.org/10.1111/j.1523-5378.2010.00796.x

European Commission. (2008). Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives. Official Journal of the European Union.

FDA. (2018). Guidance for Industry: Estimating the Maximum Safe Starting Dose in Initial Clinical Trials for Therapeutics in Adult Healthy Volunteers. FDA-2005-D-0203.

Hausen, B.M., Wollenweber, E., Senff, H., & Post, B. (1987). Propolis allergy (I). Origin, properties, usage and literature review. Contact Dermatitis, 17(3), 163-170. https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1987.tb02712.x

ICH. (2019). ICH Harmonised Guideline: General Considerations for Clinical Studies M3(R2). International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use.

Kocot, J., Kiełczykowska, M., Luchowska-Kocot, D., Kurzepa, J., & Musik, I. (2018). Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: Possible medical application. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2018, 7074209. https://doi.org/10.1155/2018/7074209

Krell, R. (1996). Value-added products from beekeeping. FAO Agricultural Services Bulletin No. 124. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Krell, R. (2018). Microbial mutagenicity assay: Ames test. Bio-protocol, 8(6), e2763. https://doi.org/10.21769/BioProtoc.2763

Lombardi, C., Senna, G.E., Gargioni, S., Dama, A., Crivellaro, M., Canonica, G.W., & Passalacqua, G. (2002). The Italian multicenter study for epidemiology of allergic diseases in adults. Allergy, 57(8), 750-752. https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2002.23632.x

Machado, J.L., Assunção, A.K., da Silva, M.C., dos Reis, A.S., Costa, G.C., Arruda, D.D.S., ... & Bezerra-Santos, C.R. (2012). Brazilian green propolis: anti-inflammatory property by an immunomodulatory activity. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012, 157652. https://doi.org/10.1155/2012/157652

Magnusson, B., & Kligman, A.M. (1969). The identification of contact allergens by animal assay. The guinea pig maximization test. Journal of Investigative Dermatology, 52(3), 268-276. https://doi.org/10.1038/jid.1969.42

Mani, F., Damasceno, H.C., Novelli, E.L., Martins, E.A., & Sforcin, J.M. (2006). Propolis: effect of different geographic origins on the present of Artepillin C and antioxidant activity as well as anti-inflammatory action. Brazilian Journal of Pharmacognosy, 16(1), 85-90. https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000100015

Matsushige, K., Basnet, P., Kadota, S., & Namba, T. (1996). Potent free radical scavenging activity of propol A isolated from Brazilian propolis and its structure determination. Journal of Traditional Medicines, 13, 271-278.

OECD. (2016). Test No. 443: Extended One-Generation Reproductive Toxicity Study. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4. https://doi.org/10.1787/9789264185371-en

OECD. (2016). Test No. 474: Mammalian Erythrocyte Micronucleus Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Sect. 4. https://doi.org/10.1787/9789264264762-en

OECD. (2017). OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4: Health Effects Test No. 425: Acute Oral Toxicity: Up-and-Down Procedure. https://doi.org/10.1787/9789264071049-en

OECD. (2018). Test No. 407: Repeated Dose 28-day Oral Toxicity Study in Rodents. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4. https://doi.org/10.1787/9789264070684-en

OECD. (2019). Test No. 451: Carcinogenicity Studies. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4. https://doi.org/10.1787/9789264071186-en

OECD. (2020). Test No. 408: Repeated Dose 90-Day Oral Toxicity Study in Rodents. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4. https://doi.org/10.1787/9789264070707-en

OECD. (2021). Test No. 423: Acute Oral toxicity - Acute Toxic Class Method. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4. https://doi.org/10.1787/9789264071001-en

OECD. (2022). Test No. 414: Prenatal Development Toxicity Study. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4. https://doi.org/10.1787/9789264070820-en

OECD. (2023). Test No. 471: Bacterial Reverse Mutation Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4. https://doi.org/10.1787/9789264071247-en

Pastor, C., Cuesta-Herranz, J., Cases, B., Pérez-Gordo, M., Figueredo, E., de las Heras, M., & Vivanco, F. (2000). Identification of major allergens in watermelon. International Archives of Allergy and Immunology, 121(4), 266-270. https://doi.org/10.1159/000024340

Pasupuleti, V.R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S.H. (2017). Honey, propolis, and royal jelly: A comprehensive review of their biological actions and health benefits. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2017, 1259510. https://doi.org/10.1155/2017/1259510

Paulino, N., Abreu, S.R.L., Uto, Y., Koyama, D., Nagasawa, H., Hori, H., ... & Bretz, W. A. (2008). Anti-inflammatory effects of a bioavailable compound derived from propolis. Journal of Ethnopharmacology, 115(2), 278-284. https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.10.016

Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers. Official Journal of the European Union, L 304/18-63.

Reis, J.H., Barreto, G.A., Cerqueira, J.C., dos Anjos, J.P., Andrade, L.N., Padilha, F.F., ... & Druzian, J.I. (2019). Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction. PLoS One, 14(7), e0219063. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219063

Sforcin, J.M., & Bankova, V. (2011). Propolis: Is there a potential for the development of new drugs. Journal of Ethnopharmacology, 133(2), 253-260. https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.10.032

Tavares, D.C., Varanda, E.A., & Andrade, F.D. (2006). Antimutagenic potential of propolis and its related compounds against the mutagenic activity of 4-nitroquinoline 1-oxide. Food and Chemical Toxicology, 44(9), 1545-1551. https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.04.009

Tolba, M.F., Azab, S.S., Khalifa, A.E., Abdel-Rahman, S.Z., & Abdel-Naim, A.B. (2013). Caffeic acid phenethyl ester, a promising component of propolis with a plethora of biological activities: A review on its anti-inflammatory, neuroprotective, hepatoprotective, and cardioprotective effects. IUBMB Life, 65(8), 699-709. https://doi.org/10.1002/iub.1189

Wagh, V.D. (2013). Propolis: a wonder bees product and its pharmacological potentials. Advances in Pharmacological Sciences, 2013, 308249. https://doi.org/10.1155/2013/308249

Walgrave, S.E., Warshaw, E.M., & Glesne, L.A. (2005). Allergic contact dermatitis from propolis. Dermatitis, 16(4), 209-215. https://doi.org/10.2310/6620.2005.04011

WHO. (2019). The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification. World Health Organization, Geneva.

WHO/FAO. (2019). Evaluation of certain food additives and contaminants. Eighty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, No. 1000.

Zhai, H., & Liu, H. (2013). A study of the correlation between the age of children and allergic diseases. Allergy, Asthma & Clinical Immunology, 9(1), 1-6. https://doi.org/10.1186/1710-1492-9-4

ДСТУ 4662:2006. Прополіс. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2006.

ДСТУ 7074:2018. Продукти бджільництва. Прополіс. Технічні умови. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2018.

Закон України "Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів". (2014). Відомості Верховної Ради України, № 41-42, ст. 2024.

МОЗ України. (1996). Наказ № 222 від 23.07.1996 "Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених до використання у харчових продуктах". Київ.

МОЗ України. (2006). Наказ № 149 від 22.03.2006 "Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії". Київ.

Технічний регламент щодо харчових добавок. (2013). Постанова Кабінету Міністрів України від 23 липня 2013 р. № 562. Київ.

Загальний висновок щодо досліджень ВЕП

Дослідження водного екстракту прополісу (ВЕП) засвідчили його високу ефективність як природного консерванта завдяки вираженим антимікробним, антиоксидантним та протигрибковим властивостям. ВЕП демонструє широкий спектр дії проти патогенних мікроорганізмів у м’ясній та плодово-овочевій продукції, що дозволяє істотно подовжити терміни її зберігання без втрати якості. Ефективність ВЕП зберігається навіть у невеликих концентраціях (0,1–0,25%), що забезпечує економічну доцільність його використання.

Інтеграція ВЕП у активне пакування, а також його безпечність, підтверджена токсикологічними дослідженнями, відкривають широкі перспективи для промислового впровадження в харчовій галузі. Крім консервуючої дії, ВЕП має додаткові функціональні переваги: імуномодулюючий, протизапальний та антиоксидантний ефекти. Таким чином, ВЕП є перспективною інноваційною добавкою, яка здатна задовольнити сучасні вимоги безпечності, екологічності та функціональності харчових продуктів.

ДОДАТКИ

Рисунок А1. Пластикова решітка для збору прополісу ТМ «Anel»

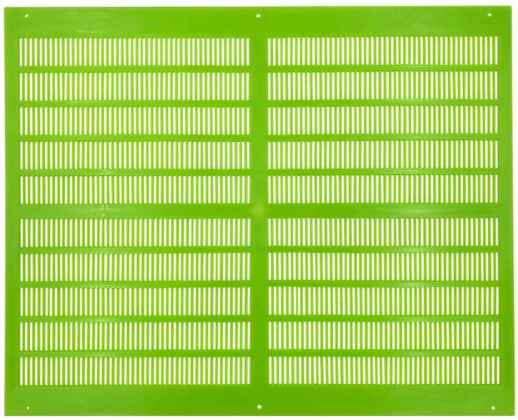


Рисунок А2. Пластикова решітка для збору прополісу ТМ «Aslan Petek»

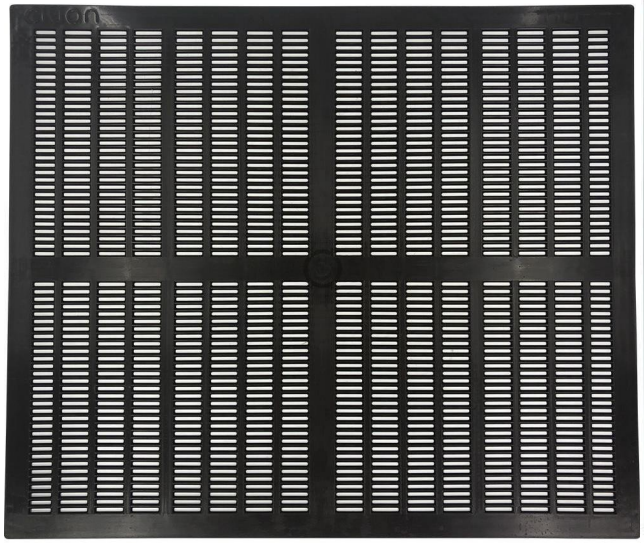


Рисунок А3. Пластикова решітка для збору прополісу ТМ «CIVAN»

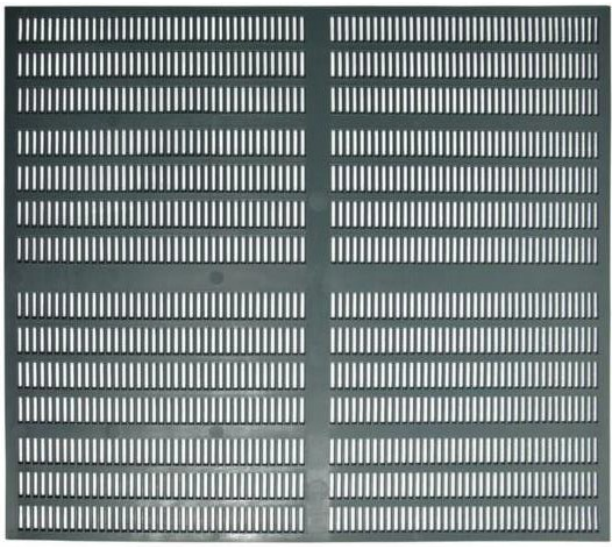


Рисунок А4. Пластикова решітка для збору прополісу ТМ «Lyson»

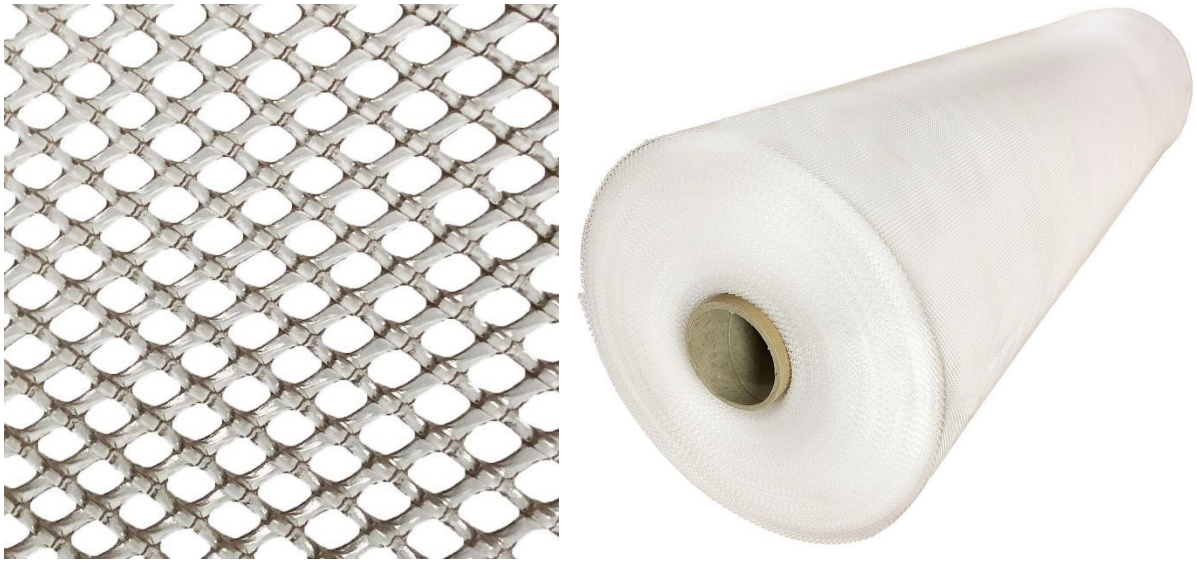


Рисунок А5. Еластична сітка для збору прополісу ТМ «Stanz Pres»

Рисунок А6. Пластикова решітки для збору прополісу

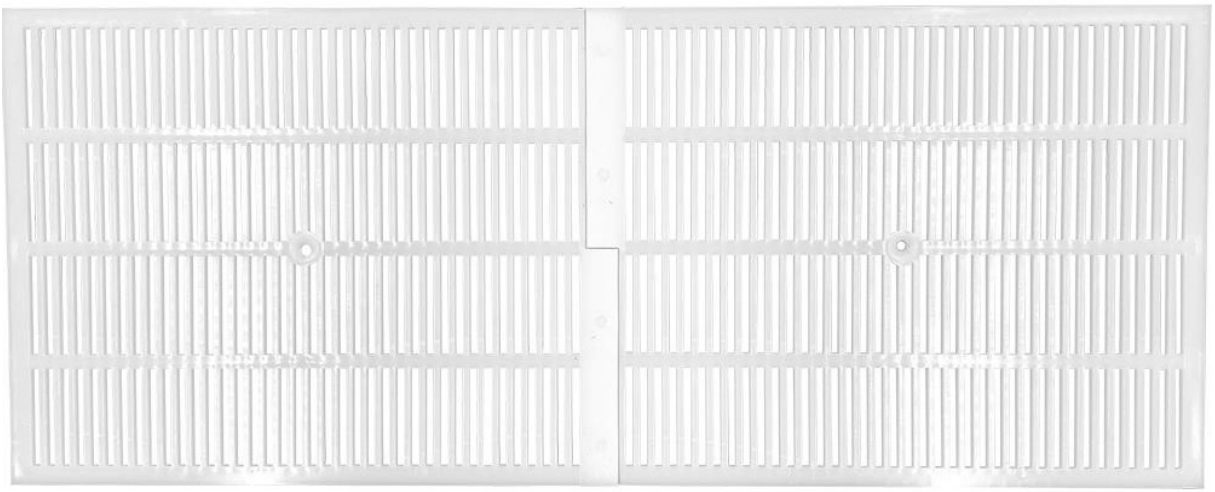


Рисунок А7. Зображення секційної пластикової решітки для збору прополісу

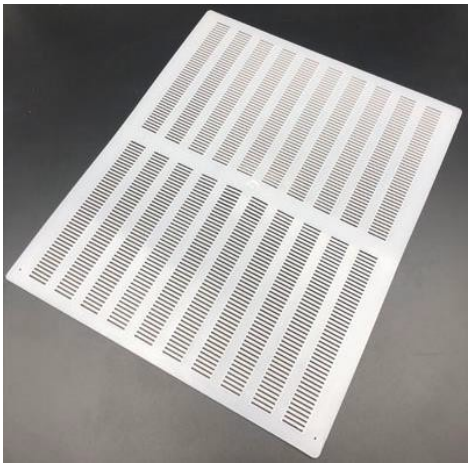


Рисунок А8. Прополісозбірник на 10 рамковий вулик

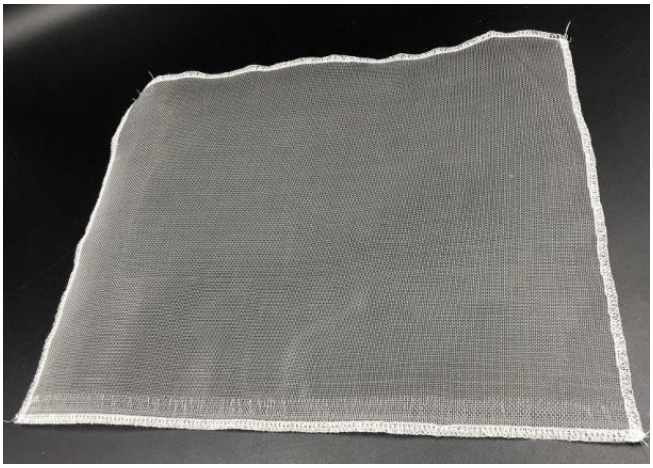


Рисунок А9. Тканина нейлонова сітка для збору прополісу

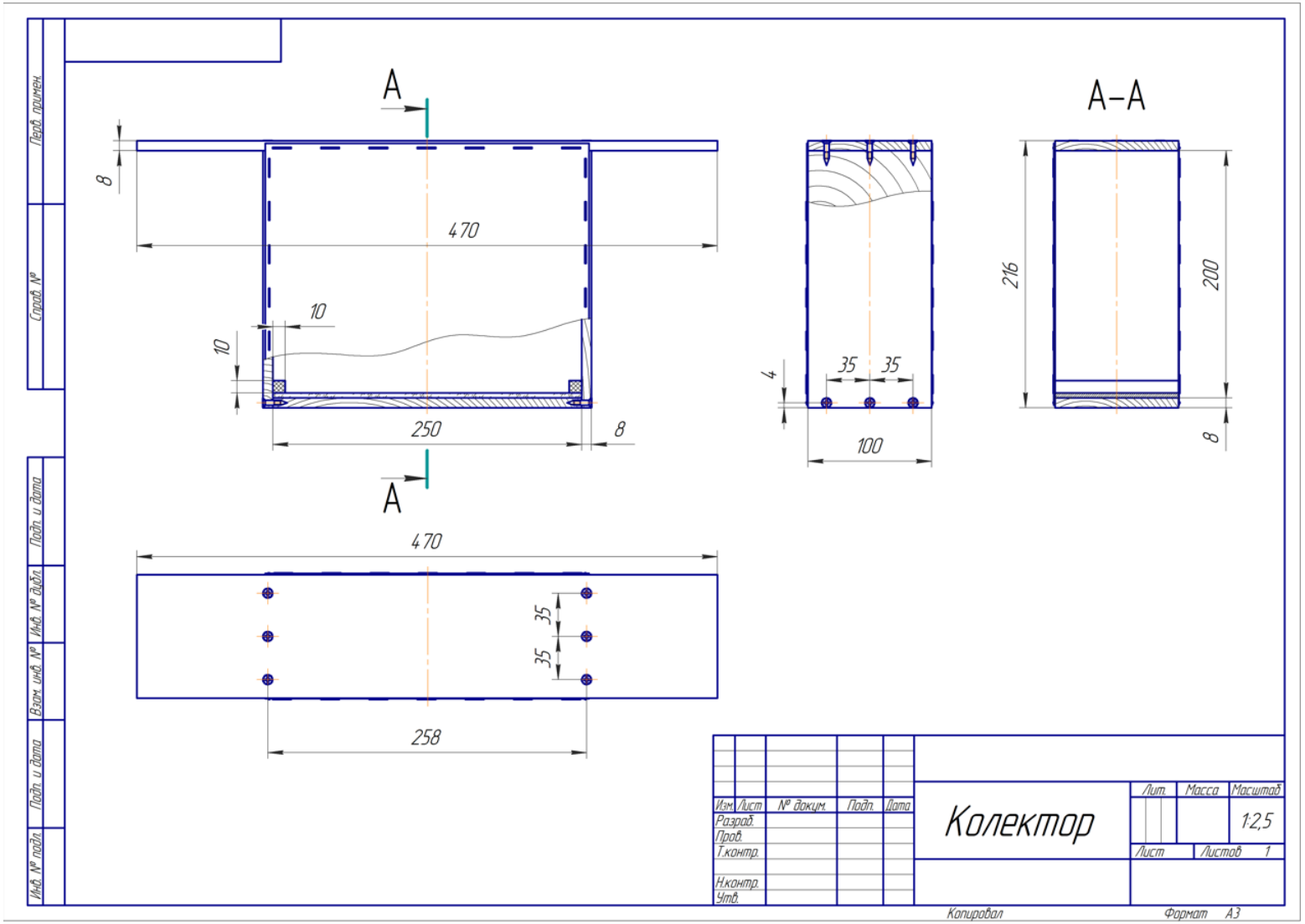


Рисунок Б1. Креслення з розмірами колектора

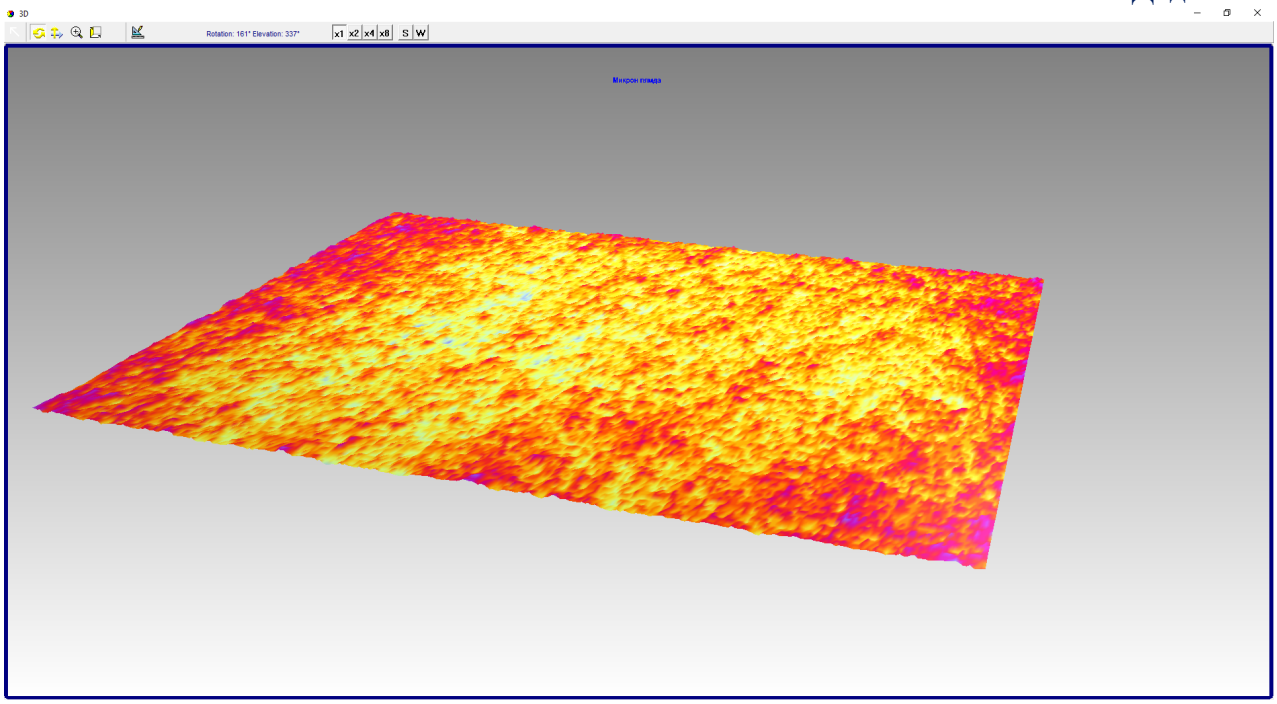


Рисунок В1. Тривимірна топографія ділянки поверхні скла

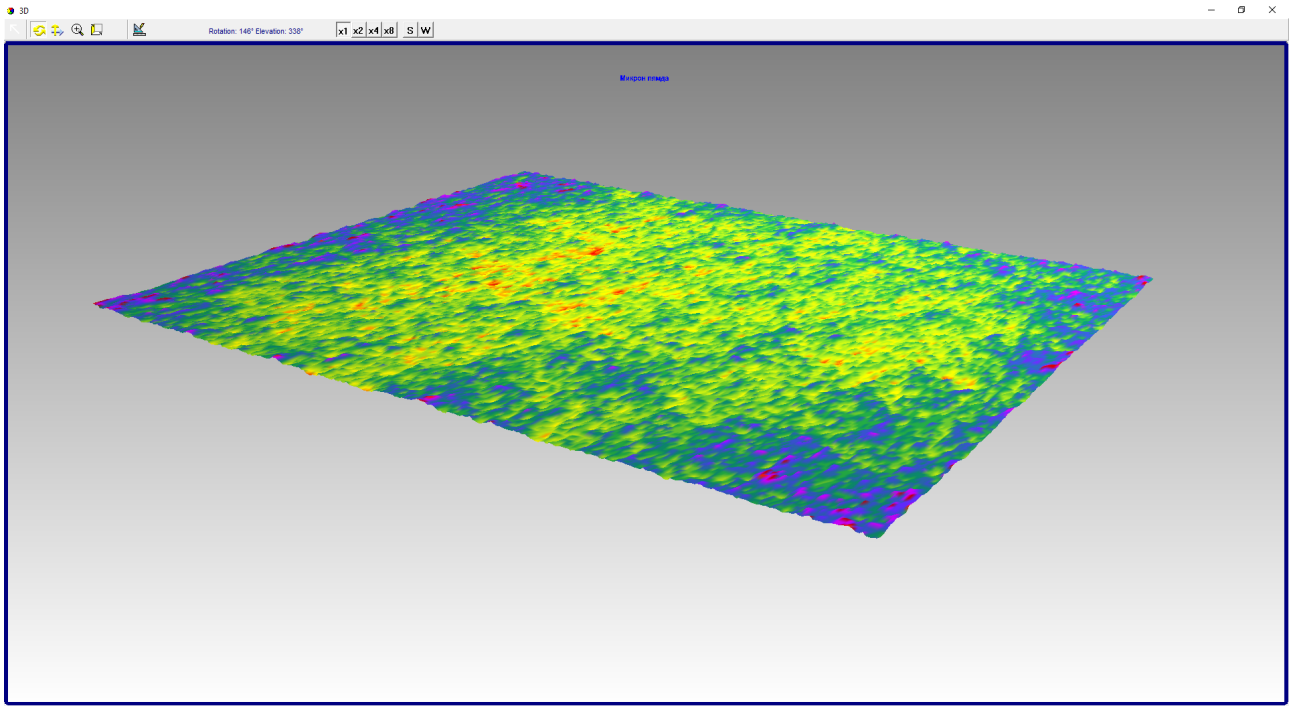
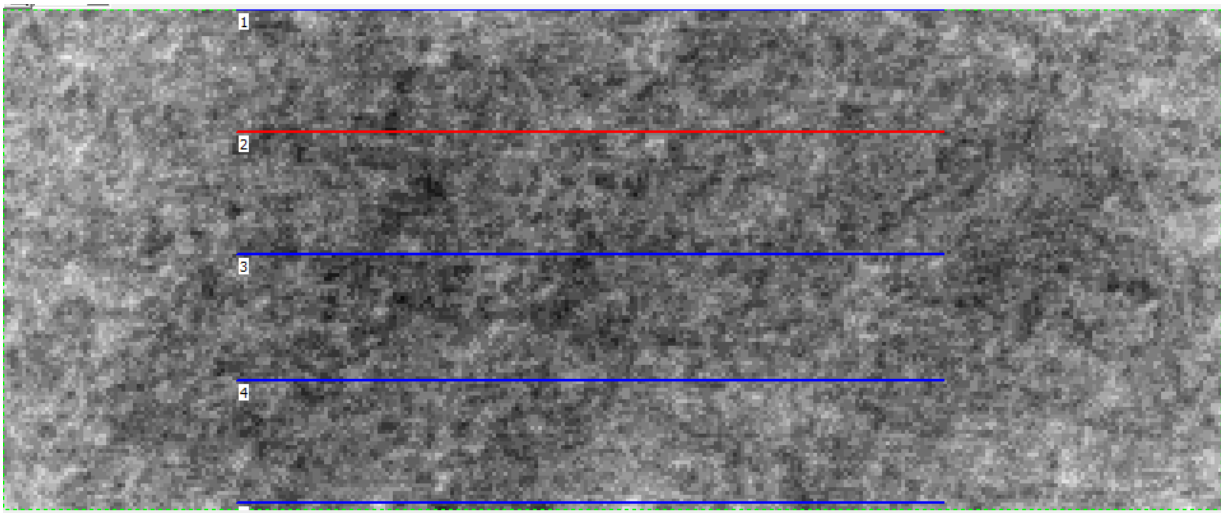
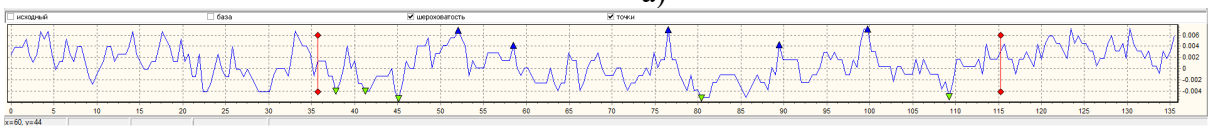


Рисунок В2. Тривимірна топографія ділянки поверхні скла

Додаток Г



а)



б)

Рисунок Г1. Двовимірна топографія зареєстрованої ділянки поверхні скла з базовим лініями відповідно до яких розраховувались параметри шорсткості (а) та профіль вздовж другої лінії (червона) (б).

Додаток Д

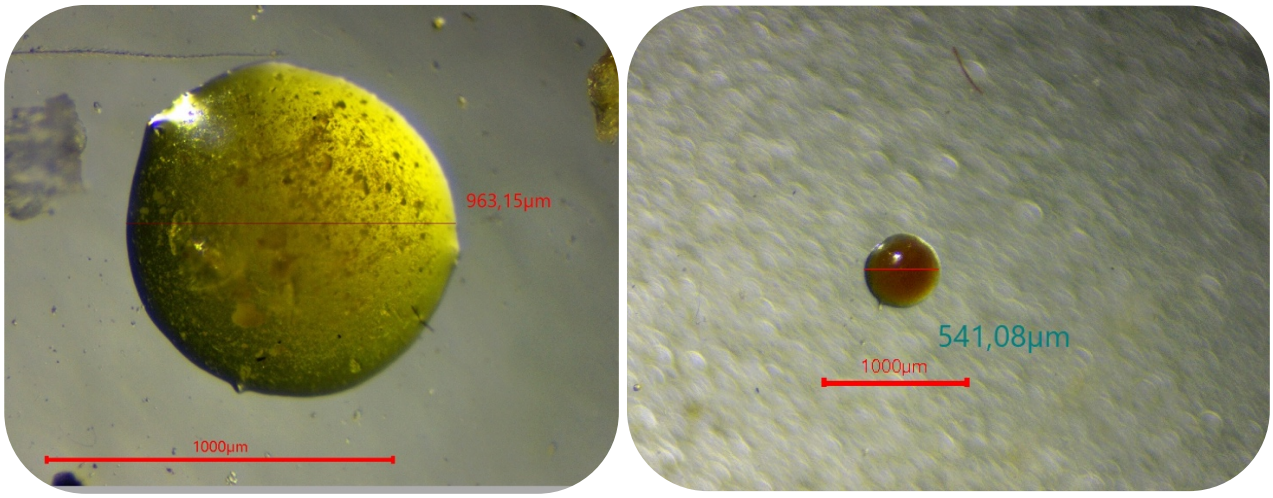


Рисунок Д1. Каплі прополісу на склі з розмірами групи Т-2

Додаток Е

Т-1

Т-2

Т-3

Рисунок Е1. Колектори прополісу під час/після медозбору

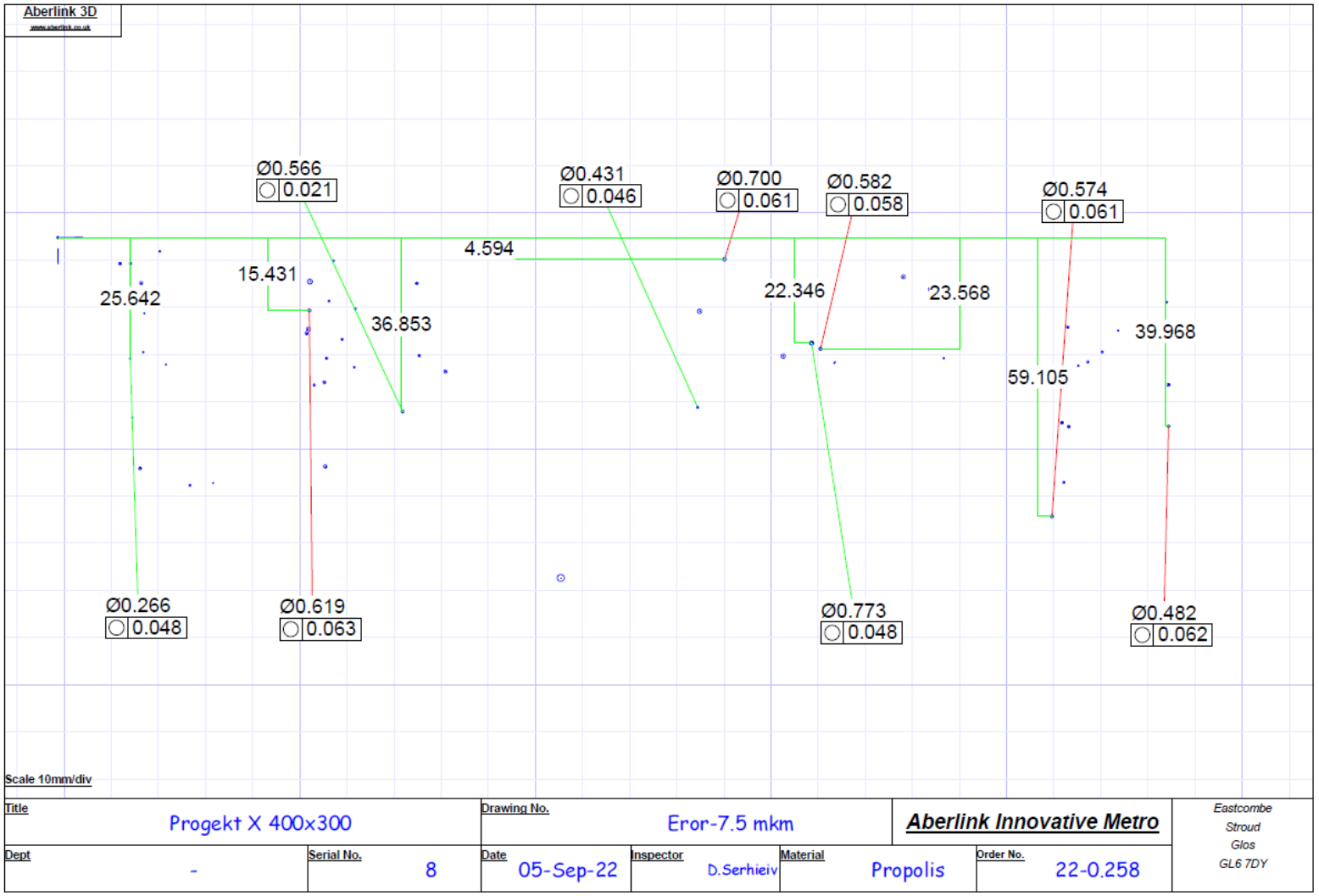


Рисунок Ж1. Приклад протоколу вимірювання Aberlink Innovative Metro

АНОТАЦІЯ

Монографія «Наукові та біотехнологічні рішення сталого бджільництва» є міждисциплінарним дослідженням, присвяченим сучасним підходам до сталого та екологічно орієнтованого бджільництва. Видання охоплює спектр тем: від стратегій збереження популяцій бджіл і біотехнологій у пасічництві – до аналізу хімічних ризиків, автентифікації меду, використання прополісу в харчових технологіях та розвитку апітерапевтичних практик. Автори використовують аналітичні, сенсорні, спектроскопічні, ізотопні та біохімічні методи для оцінки якості продуктів бджільництва, пропонуючи нові моделі контролю безпечності й ефективності. Наукова новизна полягає у поєднанні екологічного менеджменту, аналітичної хімії, апітерапії та агротехнологічних рішень, що спрямовані на гармонізацію галузі з викликами сучасного сільського господарства. Практичне значення проявляється у можливості трансферу методик до реального виробництва, інструментах для брендування меду та розробці оздоровчих продуктів харчування. Видання адресоване науковцям, бджолярам, аграріям, біотехнологам, апітерапевтам, а також усім, хто прагне поєднати науку, природу та культуру в справі збереження бджіл і розвитку екологічної економіки.

Ключові слова: *екологічне пасічництво, якість, автентифікація, монофлорний мед, прополіс у харчуванні, безпечність, біологічно активні компоненти, оздоровчі харчові продукти, органічне виробництво.*

ANNOTATION

The monograph «Scientific and Biotechnological Solutions for Sustainable Beekeeping» is an interdisciplinary study exploring contemporary approaches to ecologically oriented and sustainable apiculture. It covers a broad spectrum of topics – from strategies for preserving bee populations and biotechnological innovations in beekeeping, to the analysis of chemical risks, honey authentication, the use of propolis in food technologies, and the advancement of apitherapeutic practices. The authors employ analytical, sensory, spectroscopic, isotopic, and biochemical methods to evaluate the quality of bee products, offering new models for assessing their safety and effectiveness. The scientific novelty lies in the integration of environmental management, analytical chemistry, apitherapy, and agrotechnological solutions aimed at aligning the beekeeping industry with the challenges of modern agriculture. Its practical relevance is reflected in the potential for real-world application of the proposed methodologies, the development of branding tools for honey, and the creation of functional, health-promoting food products. This monograph is intended for researchers, beekeepers, agricultural experts, biotechnologists, apitherapists, and all those seeking to connect science, nature, and culture in the conservation of bees and the advancement of ecological economics.

Keywords: *ecological apiary practices, quality assessment, authentication, monofloral honey, propolis-based nutrition, food safety, biologically active components, health-promoting food products, organic production.*

Supported by the International Visegrad Fund
Підготовлено за підтримки Міжнародного Вишеградського Фонду

КОЛЕКТИВНА НАУКОВА ПРАЦЯ
Українською мовою

НАУКОВІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ СТАЛОГО БДЖІЛЬНИЦТВА

Монографія

ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ

Рецензенти: Ковальський Ю. В., Данчук О. В., Паламарчук І. П.

Науковий редактор: Леонора Адамчук
Технічний редактор: Артем Антонів
Фотографії, графічні матеріали: авторський колектив або за посиланням під матеріалом
Обкладинка: Леонора Адамчук з використанням ШІ

Відповідальний за випуск:
Артем Антонів,
президент, співзасновник IRI USH

Підписано до публікації 30.06.25
Умовних авторських аркушів – 57,9.
Умовних друкарських аркушів – 22.
Загальна кількість сторінок: 352. Шрифт: Times New Roman, 12 pt.
Міжрядковий інтервал: 1. Поля: 2 см з усіх боків.

Видавець і виготовлювач IRI USH Publishing House
вул. Дмитра Янченка, 2, м. Бровари, Київська обл., 07400
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 8245 від 28.04.2025 р.