

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ДВИКАЛЮК РОМАН МАР'ЯНОВИЧ

УДК 678.876.45:66.022.31

ДИСЕРТАЦІЯ

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ
ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ**

181 «Харчові технології»
18 «Виробництво та технології»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело Р. М. Двикалюк

Наукові керівники:
АДАМЧУК Леонора Олександрівна
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент
СЛОБОДЯНЮК Наталія Михайлівна
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Двикалюк Р. М. Науково-технічне забезпечення процесу та обладнання виробництва прополісу. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 181 «Харчові технології» (18 «Виробництво та технології»). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023.

Дисертацію присвячено підвищенню ефективності процесу очищення засобів збору прополісу, нівелюванню ручної праці у технології виробництва прополісу, шляхом розроблення нового обладнання, 3D та фізико-математичного моделювання, оцінювання факторного простору моделі, встановлення критичних розмірів факторів впливу на досліджуваний процес.

Досліджено передумови розроблення технічного забезпечення виробництва прополісу засобами аналізу та систематизації науково-технічної інформації щодо технології, процесів, обладнання та взаємозв'язків між обсягами збору сировини, її природними джерелами та біологічними особливостями медоносних бджіл. Здійснено теоретико-аналітичне дослідження можливості використання прополісу, як компонента харчових продуктів, з урахуванням міжнародних стандартів безпечності та якості. Систематизувавши опрацьовану науково-технічну інформацію визначили актуальність, сформулювали мету, завдання досліджень, обґрунтували методологічні підходи до їх вирішення.

Мета наукової роботи: підвищення ефективності процесу очищення сіток для отримання прополісу, як сировини для харчової промисловості; оптимізація якісних показників прополісу шляхом удосконалення процесу очищення; розробка обладнання для його реалізації; фізико-математичне моделювання досліджуваного процесу на основі отриманих експериментальних даних.

Дисертація виконувалася впродовж 2019–2023 років на кафедрах стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції та технологій м'ясних, рибних та морепродуктів факультету харчових технологій

та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Теоретичну і методологічну основу дослідження становлять фундаментальні положення технічних наук, зокрема в напрямку процесів харчових виробництв та отримання сировини високої якості. Для вирішення завдань дисертації використано загальні та спеціальні наукові методи, а саме: аналітичний, абстрактно-логічний, фізико-математичне моделювання, 3D-моделювання, конструкційний, фізико-хімічний, мікроскопічний, обробка даних, статистичний.

Для виробничих випробувань промислово-експериментальної моделі пристрою було задіяно 36 пасічних господарств з різних регіонів України. Загалом випробувано 150 сіток (EVA) покритих прополісом з використанням розробленої моделі, що удосконалювалася у процесі. Для дослідження якості отриманого продукту зібрано 70 зразків прополісу, та проведено 7 усереднених випробувань за регіональною приналежністю. Впровадження здійснено на трьох господарствах – ТОВ «Апіпродукт», ТОВ «Київоблбджолопром», ФГ «Сила природи».

Доведено, що важливою передумовою розробки обладнання було дослідження інстинктів медоносних бджіл, щодо маніпулювання прополісом та його накопичення у гнізді. Експериментально доведено низьку прополісопродуктивність колекторів у кліматичних умовах України. Встановлено, що найбільш доцільним способом є використання еластичних сіток EVA, які мають значний ресурс деформації за низьких температур та виготовлені з матеріалів, допущених до контакту з харчовими продуктами. Тому, їх було покладено в основу удосконаленої технології виробництва прополісу.

Застосовуючи методи 3D-конструювання та твердотілого моделювання, спроєктовано пристрій для очищення еластичних сіток EVA. Визначено конструкційні особливості набірних валів та оптимальні параметри елементів пристрою: редуктора, каркасу та корпусу. Результати програмного проєктування дають можливість організувати промислове серійне виробництво обладнання.

Проекти корпусу пристрою у форматі *.stl, деталі каркасу з металу у форматі *.cdr. Застосування адитивних технологій 3D-друку та лазерної різки металу дало можливість швидко виготовити дослідні моделі з подальшим їх випробуванням.

Сконструйований пристрій для очищення засобів збору прополісу відповідає основним вимогам нормативних документів з безпеки машин для харчової промисловості ДСТУ EN ISO 12100:2016, ДСТУ EN 60204-1:2015, ДСТУ prEN 1672-1-2001. Пристрій відповідає високим вимогам ремонтпридатності, всі наявні деталі та механізми за необхідності можуть бути замінені аналогічними.

З метою інтенсифікації процесу очищення засобів збору прополісу під час його виробництва, удосконалено конструктивні параметри обладнання. Фінальна версія промислово-експериментальної моделі пристрою по відношенню до базової має такі конструктивні удосконалення: пристрій забезпечено двома парами валів; зменшено масу через полегшення конструкцій; зменшено сердечники та вкладки валів; збільшено глибину згинання сітки за рахунок зменшення відстані між вкладками; рухомі вузли пристрою захищено камерою, що виключає потрапляння крихт прополісу; розроблено направляючу для сітки, що створює передумови безпечної роботи з пристроєм та направляє сітку підчас її вставляння безпосередньо у центр між валами. Пристрій рекомендовано до серійного виробництва та використання на пасічних господарствах. Нове обладнання може бути використане для очищення 227 сіток (20×39 см)/робочий день.

Науково-технічно обґрунтовано процес очищення засобів збору прополісу на підґрунті оптимізації режимних та конструктивних параметрів обладнання. Запропоновано новий процесний підхід у технології виробництва прополісу. Механізація процесу очищення засобів збору дозволяє підвищити ефективність виробництва та ґрунтується на подоланні адгезії прополісу.

Сконструйовано вали, які забезпечують одночасне втягування та механічну деформацію сітки за необхідних параметрів. Покриті прополісом

засоби для збору прополісу після проходження першої пари валів розгинаються, оскільки відстань між першою і другою парою валів становить 74 мм. Деформація сітки у формі хвилі забезпечується відстанню між дисками 10–12 мм та розміщеним між двома дисками одного валу посередині диском протилежного валу однієї пари. Проходження сітки між двома металевими дисками одного валу і одним протилежного, деформує сітку з висотою хвилі 5 мм. Завдяки запропонованій конструкції валів, очищення засобів збору прополісу відбувається за одне проходження у пристрої.

Доведено, що на процес очищення засобів збору прополісу статистично значущо ($p \leq 0.05$) впливає маса сіток до та після очищення прополісу, час витрачений на очищення сіток, масова частка воску у прополісі. Охолодження сіток за $+5^\circ \text{C}$ протягом 60 хв є оптимальним режимом для очищення сіток.

Методами фізико-математичного моделювання розроблено критеріальне рівняння процесу очищення засобів збору прополісу, яке показує залежність між основними факторами впливу на цей процес, а саме: густини продукції ρ , температуропровідності a , часу робочого циклу обробки t , середнього розміру часток сировини ℓ , лінійної v та кутової ω швидкості руху вальця пристрою для очищення, що скомпоновані у числа подібності Ейлера Eu та Фур'є Fo , контактної площі S через конструктивні параметри у вигляді поточної ширини робочої дії та глибини вигину у сегментах стрічки.

Переважаючий вплив на величину коефіцієнту очищення $k_{оч}$ проявляють: коефіцієнт температуропровідності, час робочого циклу обробки, середній розмір часток сировини. Використовуючи складене рівняння, можливо знайти рекомендований ряд параметрів робочого режиму для процесу очищення сіток в умовах дії вказаних факторів, а також оцінити динаміку зміни вказаних параметрів за умови різних робочих режимів процесу очищення засобів збору прополісу.

Доведено, що застосування удосконаленої технології збору прополісу у порівнянні з наявною, передбачає такі зміни: приділення уваги до природних джерел прополісу, тобто завдяки новій технології є можливість виокремлення

нових типів продукту; покращення якості продукту через зменшення шляхів контамінації та виключення процесу заморожування; використання для збору прополісу виключно матеріали, які придатні для контакту з харчовими продуктами, що дає можливість для подальшої сертифікації; механізація процесу очищення засобів збору прополісу, що значно підвищує продуктивність та ефективність виробництва. Продуктивність удосконаленої технології знаходиться у межах від 2,91 до 4,44 кг (у розрахунку на 100 бджолиних сімей).

Встановлено, що режим роботи пристрою залежить від умов експлуатації: зовнішньої температури, часу охолодження, часу зміни, типу прополісу. За температури у цеху 24° С, час роботи складає 15 хв, охолодження сітки – 30 хв за 0...+5° С. Сумарний час – 45 хв. Час на очищення валів (за необхідності) від прополісу 15 хв. Враховуючи запропонований режим роботи, один оператор за один робочий день може очистити 301 сітку за умови, що їх розміщення і охолодження розпочалось до початку робочої зміни. Кількість сіток, які може опрацювати пристрій, які охолоджувалися під час робочої зміни, становить – 227. Пристрій у активному режимі очищення протягом однієї зміни споживає 0,679 кВт/год, що є економічно ефективним. Рівень очищення засобів для збору прополісу в залежності від типу та маси прополісу у засобі складає до 77,18 % за один цикл. Результати дослідження підтверджують високу продуктивність пристрою у порівнянні із ручною працею, що може позитивно вплинути на поширення застосування прополісу у харчових технологіях, як функціонального інгредієнта.

Проведено дослідження щодо складу, властивостей та якості прополісу, який отримано з використанням нового обладнання. Доведено, відповідність продукту чинним вимогам національних нормативних документів за показниками: масова частка воску і механічних домішок, вміст флавоноїдів. Встановлено, високі біологічно активні властивості отриманого продукту, на що вказує вміст флавоноїдів у межах від 14,47 до 88,64 (похибка в межах 1 %).

Доведено, що господарство може повернути інвестицію у розроблене обладнання за три роки користування. Ринкова вартість прополісу в Україні

станом на березень 2023 р. складає 1400 грн/кг. Враховуючи середню вартість прополісу (1400 грн) та кількість отриманого прополісу 18,6 кг з 1000 сіток, отримуємо 26 040 грн. Вартість пристрою та сіток (11 446+71 790 грн) складає 83 236 грн. Вартість поліетиленової плівки складає 45 грн за 1 м/п. Для покриття 1000 сіток необхідно 52,63 м/п, що складає 2 368,42 грн.

На підґрунті удосконалення процесу очищення засобів збору прополісу, науково обґрунтовано та розроблено нове обладнання для його отримання, що сприятиме збільшенню обсягів його виробництва та використанню, як сировини у харчовій промисловості.

Ключові слова: прополіс, спосіб збору, процес очищення, пристрій, обладнання, технологія, моделювання процесу, сітка, фізико-хімічні показники, якість.

ANNOTATION

Dvykaliuk R. M. Scientific and technical support of the process and equipment for propolis production. Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in the field of 181 «Food Technologies» (18 «Production and technologies»). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2023.

The dissertation is dedicated to improving the efficiency of the propolis collection tool purification process, leveling manual labor in propolis production technology through the development of new equipment, 3D and physical-mathematical modeling, assessing the factorial model space, and determining critical dimensions of factors influencing the investigated process.

The dissertation explores the prerequisites for the development of technical support for the production of propolis by means of analysis and systematization of scientific and technical information on technology, processes, equipment and relationships between the volumes of raw material collection, its natural sources and the biological features of honey bees. A theoretical and analytical study has been

conducted on the possibility of using propolis as a component of food products, considering international safety and quality standards. By systematizing the processed scientific and technical information, the relevance of the research was determined, the goal and objectives were formulated, and methodological approaches to their solution were substantiated.

The goal of the dissertation is to increase the efficiency of the process of cleaning nets for producing propolis, as a raw material for the food industry; optimising qualitative indicators of propolis by improving the cleaning process, developing equipment for its implementation and physical and mathematical modelling of the analyzed process on the basis of obtained experimental data.

The dissertation was performed during 2019–2023 at the departments of Standardization and Certification of Agricultural Products and Technologies of Meat, Fish and Marine Products of the Faculty of Food Technology and Quality Control of Agricultural Products of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

The theoretical and methodological framework of the research is based on fundamental principles of technical sciences, particularly in the field of food production processes and the acquisition of high-quality raw materials. To solve the tasks of the dissertation, both general and specialized scientific methods were employed. These include analytical, abstract-logical, physical-mathematical modeling, 3D-modeling, constructional, physico-chemical, microscopic, data processing, and statistical methods.

For the industrial-experimental testing of the industrial model of the device, 36 apiaries from various regions of Ukraine were involved. In total, 150 nets (EVA) covered with propolis were tested using the developed model, which was improved during the process. To investigate the quality of the obtained product, 70 samples of propolis were collected, and 7 averaged tests were conducted based on regional affiliation. The implementation was carried out in three enterprises: LLC «Apiprodukt», LLC «Kyivoblbdzholoprom» and FE «Syla Pryrody».

It has been demonstrated that a crucial prerequisite for developing the equipment was the study of the instincts of honeybees concerning the manipulation of propolis and its accumulation in the hive. Experimentally, the low propolis productivity of collectors in the climatic conditions of Ukraine has been proven. It has been established that the most rational approach is to use flexible EVA nets, which have a significant deformation resource at low temperatures and are made from materials approved for contact with food products. Therefore, they were the basis for the improved propolis production technology.

By employing 3D design and solid modeling methods, a device for cleaning flexible EVA nets has been designed. The optimal parameters of the elements of the device are determined: reduction drive, frame and body, structural features of the set shafts. The results of computer-aided design enable the industrial mass production of the equipment, with the device's housing projects in **.stl* format and metal frame details in **.cdr* format. The application of additive technologies such as 3D printing and laser cutting of metal allowed for the rapid production of experimental models with subsequent testing.

The designed device for cleaning propolis collection tools complies with the main requirements of regulatory documents on the safety of machinery for the food industry, such as DSTU EN ISO 12100:2016, DSTU EN 60204–1:2015 and DSTU prEN 1672–1–2001. The device meets high maintainability standards, as all available parts and mechanisms can be replaced with similar ones if necessary.

In order to intensify the process of cleaning the cleaning propolis collection tools during its production, the design parameters of the equipment have been improved. The final version of the industrial-experimental model of the device in relation to the basic one has the following structural improvements: the device is equipped with two pairs of shafts; reduced weight due to lighter structures; reduced cores and shaft inserts; increased depth of grid bending due to reduced distance between inserts; movable units of the device are protected by a chamber preventing propolis particles from entering; a guide for the grid has been developed, providing conditions for safe use of the device and guiding the grid during its insertion directly into the center between the shafts. The

device is recommended for mass production and use in apiaries. New equipment can be used to clean 227 nets (20 × 39 cm)/working day.

The process of cleaning propolis collection tools has been scientifically and technically substantiated based on the optimization of operational and structural parameters of the equipment. A new procedural approach in the technology of propolis production has been proposed. The mechanization of the cleaning process for collection tools allows to increase production efficiency and is based on overcoming propolis adhesion.

The constructed shafts facilitate simultaneous retraction and mechanical deformation of the net according to the required parameters. Propolis-covered tools for propolis collection, after passing through the first pair of shafts, unbend as the distance between the first and second pairs of shafts is 74 mm. The nets deformation in the form of a wave is achieved by the distance between the discs of 10–12 mm, with one disc of one shaft positioned between two discs of the opposite shaft in the middle of the disc of one pair. The passage of the net between two metal discs of one shaft and one disc of the opposite shaft deforms the grid with a wave height of 5 mm. Due to the proposed design of the shafts, the cleaning of propolis collection tools occurs in one pass through the device.

It has been demonstrated that the process of cleaning propolis collection tools is statistically significant ($p \leq 0.05$) affected by the weight of the grids before and after propolis cleaning, the time spent on cleaning the nets, and the wax content in the propolis. Cooling the nets at +5 °C for 60 min is the optimal mode for net cleaning.

Using methods of physical-mathematical modeling, a criterial equation for the process of cleaning propolis collection tools has been developed. This equation illustrates the relationship between the main factors influencing this process, namely, the density of production (ρ), thermal conductivity (α), processing cycle time (t), average particle size of the raw material (ℓ), linear (v), and angular (ω) speed of the rollers in the cleaning device. These factors are combined into Euler (Eu) and Fourier (Fo) similarity numbers. The contact area (S) is expressed through the structural

parameters in the form of the current width of the working action and the depth of bending in the segments of the strip.

The predominant influences on the magnitude of the cleaning coefficient (k_{clin}) are: the coefficient of thermal conductivity, the processing cycle time, and the average particle size of the raw material. Using the derived equation, it is possible to find a recommended range of operating parameters for the nets cleaning process under the influence of these factors. Additionally, the dynamics of changes in these parameters can be assessed under different operating conditions for the propolis collection tool cleaning process.

It has been established that the application of the improved propolis collection technology, in comparison to the existing one, involves the following changes: attention to natural sources of propolis, that is, due to the new technology, it is possible to identify new types of product; improvement of product quality due to reduction of contamination routes and exclusion of freezing process; the use for collecting propolis exclusively of materials that are suitable for contact with food products, which makes it possible for further certification; mechanization of the process of cleaning propolis collection tools, which significantly increases productivity and production efficiency. The productivity of the improved technology ranges from 2.91 to 4.44 kg (per 100 bee colonies).

It has been determined that the operation mode of the device depends on the operating conditions, including external temperature, cooling time, changing time, and the type of propolis. At a workshop temperature of 24 °C, the operating time is 15 min, nets cooling takes 30 min at 0...+5 °C. The total time is 45 min, and an additional 15 min are allocated for cleaning the shafts from propolis (if necessary). Considering this operational mode, one operator can clean 301 nets in a single working day, provided that their placement and cooling start before the beginning of the work shift. The number of nets that the device can process, which have been cooled during the working shift, is 227. The device, in active cleaning mode during one shift, consumes 0.679 kWh, which is economically efficient. The cleaning efficiency of propolis collection tools, depending on the type and weight of propolis in the tool,

reaches up to 77.18 % in one cycle. The research results confirm the high productivity of the device compared to manual labor, which can positively impact the widespread use of propolis in food technologies as a functional ingredient.

A study was conducted on the composition, properties and quality of propolis obtained using new equipment. It is proved that the product meets the current requirements of national regulatory documents in terms of: the mass fraction of wax and mechanical impurities, the content of flavonoids. The high biologically active properties of the obtained product were found, as indicated by the content of flavonoids in the range from 14.47 to 88.64 % (standard error within 1 %).

It has been proven that the investment in the developed equipment can be recovered within three years of use. As of March 2023, the market value of propolis in Ukraine is 1400 UAH/kg. Considering the average cost of propolis (1400 UAH) and the quantity obtained (18.6 kg from 1000 nets), the total revenue is 26,040 UAH. The cost of the device and nets (11,446 + 71,790 UAH) is 83,236 UAH. The cost of plastic film is 45 UAH per 1 m running. To cover 1000 nets, 52.63 m are needed, amounting to 2,368.42 UAH.

Based on the improvement of the propolis collection process, new equipment has been scientifically justified and developed for its extraction. This new equipment aims to increase the production volumes of propolis and expand its use as a raw material in the food industry.

Key words: propolis, method of collection, cleaning process, device, equipment, technology, process modeling, net, physical and chemical parameters, quality.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. Development of a propolis collecting device. *Animal Science and Food Technology*. 2021. Vol. 12. No. 3. P. 76–88. *(Здобувачем запропоновано конструктивну особливість пристрою, виготовлено першу*

та другу дослідну моделі, проведено їх випробування, описано результати, сформовано висновки).

2. **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. (Здобувачем проаналізовано основні міжнародні та національні нормативно-правові акти з безпеки та якості прополісу, проведено їх порівняння, визначено основні критерії оцінювання прополісу, сформовано висновки).

3. Dvykaliuk R. Exploring the composition of propolis as a subject of processing into food products. *Technology Audit and Production Reserves*. 2023. Vol. 3. No. 3 (71). P. 35–40.

4. Dvykaliuk R. Testing of the collecting propolis device on the bee farms in different regions of Ukraine. *Scientific Works of National University of Food Technologies*. 2023. Vol. 29. Iss. 2. P. 85–100.

Стаття в іншому виданні

5. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L., Pylypko K. Propolis Drops as Evidence for Dilution of Propolis by Honey Bees? *Bee World*. 2022. Vol. 99. Iss. 4. P. 110–116. (Здобувачем запропоновано конструкцію колекторів для збору прополісу, сплановано і організовано дослід, проведено опис результатів дослідження).

6. **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. (Здобувачем проаналізовано та систематизовано наукову інформацію щодо використання прополісу у харчовій промисловості).

Патенти України на корисну модель

7. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Пристрій для збору прополісу: патент України на корисну модель 139736: МПК А01К59/00. № u201910696; заявлено 29.10.2019; опубліковано 10.01.2020. Бюл. № 1. 4 с. (Здобувачем розроблено дослідні моделі та сконструйовано новий пристрій для очищення сіток

у загальній технології одержання прополісу, проведено випробування, підготовлено патентну заявку).

8. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Колектор для одержання прополісу від бджолиних сімей: патент України на корисну модель 139422: МПК А01К47/02. № u201905134; заявлено 14.05.2019; опубліковано 10.01.2020. Бюл. № 1. 4 с. *(Здобувачем розроблено дослідні моделі та сконструйовано новий пристрій для збору прополісу від бджолиних сімей у загальній технології одержання прополісу, проведено випробування, підготовлено патентну заявку).*

Патент України на промисловий зразок

9. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Елемент збірного вала пристрою для збору прополісу: патент України на промисловий зразок 41137: МКПЗ: 08-08. № s201902482; заявлено 22.11.2019; опубліковано 25.02.2020. Бюл. № 4. 6 с. *(Здобувачем запропоновано збірний вал пристрою, що одночасно забезпечує згинання та втягування сіток).*

Тези наукових доповідей

10. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Досвід отримання прополісу в країнах Південної Америки. Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Житомир, 16–17 травня 2019 року: тези доповіді. Житомир, 2019. С. 77–80. *(Здобувачем здійснено аналіз провідних міжнародних технологій отримання прополісу, систематизовано наукову інформацію, сформульовано висновки).*

11. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Теоретичні аспекти походження прополісу. Теорія і практика розвитку вівчарства України в умовах євроінтеграції: Міжнародна науково-практична конференція, м. Дніпро, 23–24 травня 2019 року: тези доповіді. Дніпро, 2019. С. 98. *(Здобувачем проаналізовано світові теоретичні концепції походження прополісу, систематизовано наукову інформацію, сформульовано висновки).*

12. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. World trends and technologies for propolis production. Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human

and Bees Life: 4th International Scientific Conference, Nitra, 11–13 September 2019: theses of the report. Nitra, 2019. P. 25. *(Здобувачем проаналізовано основні світові технології отримання прополісу, визначено їх недоліки та переваги, систематизовано наукову інформацію за технологічними підходами, сформовано висновки).*

13. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Пристрій для збору прополісу. Наукові і технологічні виклики тваринництва у XXI столітті: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка УААН і РААН Г. О. Богданова, м. Київ, 12–14 березня 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 35–37. *(Здобувачем представлено результати досліджень з розробки пристрою для механізації виробництва прополісу, сформовано висновки та пропозиції виробництву).*

14. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Device for propolis collection. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: ІХ Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, присвячена 122-й річниці заснування Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 9–10 квітня 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 39–42. *(Здобувачем описано результати випробування розробленого пристрою для механізації виробництва прополісу, сформовано висновки та пропозиції виробництву).*

15. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Перспективи використання екстрактів прополісу у виробництві пакувальних матеріалів для дитячого харчування. Здорове харчування дітей в Україні – запорука майбутнього нації: стан і перспективи: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 29 вересня 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 75. *(Здобувачем проаналізовано наукову інформацію щодо досвіду та перспектив використання прополісу у харчовій промисловості, систематизовано наукову інформацію та сформульовано висновки).*

16. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О., Черник М. І. Основні чинники які впливають на якість прополісу. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: X Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, присвячена пам'яті завідувача кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК, доктора технічних наук, професора Сухенка Юрія Григоровича, м. Київ, 23–22 квітня 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 66–67. *(Здобувачем проаналізовано та систематизовано наукову інформацію щодо чинників котрі впливають на якість прополісу як харчової сировини, сформовано висновки).*

17. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О., Бріндза Я. Місце прополісу у трендах пакувальних матеріалів. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: X Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 23–22 квітня 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 151–152. *(Здобувачем проаналізовано наукову інформацію щодо перспектив використання прополісу у складі пакувальних матеріалів харчових продуктів, сформовано висновки та пропозиції виробництву).*

18. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л. Розробка пристрою для одержання прополісу високої якості. Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 20 серпня 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 46–47. *(Здобувачем розроблено схему дослідів, проведено випробування та сконструйовано пристрій для механізації виробництва прополісу, сформовано висновки та пропозиції виробництву).*

19. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. Overview of types (kinds) of propolis collected by *Apis mellifera*. Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development: 5th International Scientific Conference, Nitra, 3rd November 2021: theses of the report. Nitra, 2021. P. 45. *(Здобувачем здійснено огляд наукової інформації, виокремлено проблему щодо*

невідповідності назв типів прополісу у різних наукових джерелах, сформовано висновки).

20. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. New approach to defining the type (kind) of propolis. Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development: 5th International Scientific Conference, Nitra, 3rd November 2021: theses of the report. Nitra, 2021. P. 44. *(Здобувачем здійснено огляд наукової інформації, запропоновано нові підходи до визначення та класифікації типів прополісу в світі, сформовано висновки).*

21. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л., Хлебо Р. Світове виробництво прополісу. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XI Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 6–7 квітня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 23–24. *(Здобувачем проаналізовано та узагальнено наукову інформацію щодо перспектив використання прополісу у харчовій промисловості, сформовано висновки).*

22. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л., Севин С. Стандартизація прополісу в Україні. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XI Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 6–7 квітня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 22–21. *(Здобувачем проаналізовано вимоги національних нормативних документів до безпечності та якості прополісу, проаналізовано невідповідності, сформовано висновки).*

23. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л., Волошина В. Способи приготування прополісу для використання в апітерапії. Сучасні аспекти збереження здоров'я людини: Міжнародна науково-практична конференція, м. Ужгород, 8–9 квітня 2022 року: тези доповіді. Ужгород, 2022. С. 95–97. *(Здобувачем проаналізовано наукову інформацію зі способів первинної та глибокої переробки прополісу, як інгредієнту біологічно активних добавок, сформовано висновки).*

24. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л. Огляд технічних засобів збору прополісу та дослідження його фізичних властивостей. Сучасне бджільництво: проблеми –

досвід – нові технології: Науково-практична конференція з міжнародною участю, м. Київ, 18 серпня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 20–24. *(Здобувачем проаналізовано наукову інформацію щодо основних засобів збору прополісу, систематизовано їх недоліки, сформульовано висновки та перспективи подальших досліджень).*

25. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л. Нові чинники впливу на прополісну продуктивність бджолиних сімей. Прогнози та перспективи наукових відкриттів в аграрних науках і продовольства: Міжнародна наукова конференція, м. Рига, 30–31 серпня 2022 року: тези доповіді. Рига, 2022. С. 85–87. *(Здобувачем розроблено схему досліджень, вперше досліджено етологію бджіл підчас накопичення прополісу у пристроях та сформовано гіпотезу щодо покриття розрідженим прополісом засобів його збору, обґрунтовано висновки).*

26. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. New propolis collecting device. International Apicultural Congress: 47th Apimondia, Istanbul, 24–28 August 2022: poster presentations. Istanbul, 2022. P. 164. *(Здобувачем розроблено та сконструйовано новий пристрій для очищення сіток у загальній технології одержання прополісу, проведено випробування, підготовлено матеріал для презентації).*

27. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. Innovations in honey bee ethology during propolis harvesting. International Apicultural Congress: 48th Apimondia, Chile, 4th–8th September 2023: poster presentations. Chile, 2023. P. 150. *(Здобувачем досліджено етологію бджіл підчас збору прополісу, систематизовано інформацію, сформульовано висновки та перспективи подальших досліджень).*

ЗМІСТ

ВСТУП	20
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	28
РОЗДІЛ I	
ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ	29
1.1. Походження та сировина для виробництва прополісу	29
1.2. Технології, способи відбору та обладнання з виробництва й первинної обробки прополісу	41
1.3. Склад, властивості, якість та безпечність прополісу різного ботанічного та географічного походження	52
1.4. Використання прополісу у харчових технологіях	64
1.5. Національні та міжнародні нормативні документи, що регулюють виробництво, переробку та використання прополісу	80
Висновки до розділу 1	94
РОЗДІЛ II	
УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	97
2.1. Умови, матеріали та загальна схема досліджень	97
2.2. Методи дослідження	102
Висновки до розділу 2	113
РОЗДІЛ III	
НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СІТОК ТА РОЗРОБЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ	114
3.1. Аналіз, інтенсифікація та оптимізація процесу одержання прополісу	114
3.1.1. Оптимізація режимних та конструктивних параметрів обладнання на підґрунті дослідження біологічних інстинктів бджіл	114
3.1.2. Дослідження процесу накопичення прополісу у гніздах та пристроях	121
3.2. Науково-технічне обґрунтування розробки пристрою для очищення сіток з етил вінілацетату	129
3.3. Застосування технологічних основ проектування у 3D конструюванні пристрою	136
3.4. Дослідження комплексних характеристик пристрою та його ремонтпридатності в процесі експлуатації	149
3.5. Удосконалення обладнання для виробництва прополісу	153

3.6. Конструктивні особливості процесу очищення сітки з використанням нового обладнання	157
3.7. Фізико-математичне моделювання процесу очищення сітки з використанням нового обладнання	163
3.7.1. Оцінка факторного простору та визначення рушійної сили процесу очищення	163
3.7.2. Складання загального степеневого рівняння досліджуваного процесу	167
3.7.3. Складання критеріального рівняння процесу очищення	168
3.7.4. Графоаналітичний метод вивчення степеневих коефіцієнтів	170
Висновки до розділу 3	176
РОЗДІЛ IV	
ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ	179
4.1. Порівняння класичної та удосконаленої технологій виробництва прополісу	179
4.2. Виробничі випробування пристрою та одержання продукту за допомогою нового обладнання	184
4.3. Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників продукту	195
4.4. Техніко-економічне обґрунтування нової технології та обладнання	198
Висновки до розділу 4	201
ВИСНОВКИ	203
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	205
ДОДАТКИ	231

ВСТУП

Актуальність теми. Систему простежуваності, як інструмент захисту бізнесу та споживачів, значно імплементовано у законодавство ЄС та провідних країн світу. Виробники харчових продуктів в Україні також ідуть шляхом імплементації передових практик захисту споживачів. Розвиток і популяризація здорового способу життя торкається зокрема і харчових продуктів, як важливого складника таких підходів. Пошук цінної харчової сировини природного походження, що може покращувати харчові продукти за декількома факторами, зростає. Прополіс своїми властивостями може бути природним заміником консервантів, а також підвищувати цінність харчових продуктів через свій хімічний склад, використовуватися, як природній складник у харчовій промисловості. Прополіс – продукт рослинно-тваринного походження, що проходить декілька етапів формування від рослинної смоли до підготовленого інгредієнту харчових продуктів. Мінімізація чинників, котрі впливають на якість та безпечність прополісу, як сировини, на кожному з етапів дасть можливість отримувати продукт, що не потребуватиме додаткових затрат на очищення, складну переробку з подальшим прямим впливом на собівартість харчових продуктів.

Irigoiti et al. (2021) відзначають, що прополіс перспективний природній продукт для харчової промисловості. За результатами дослідження проведеного Tumbariski et al. (2022) прийшли до висновку, що прополіс застосовують у біоконсервуванні м'яса, риби, яєць, молока та молочних продуктів, консервуванні швидкопсувних фруктів, овочів, виготовленні фруктових соків та інших напоїв. Прополіс можна додавати безпосередньо в харчову матрицю у вигляді екстракту, наносити на поверхню продукту у вигляді біоактивної плівки чи їстівного покриття або включати до складу харчових біоупаковок. Використання прополісу у харчовій промисловості через його специфічні органолептичні показники потребує переробки. Екстракція є ключовим етапом у використанні біоактивних компонентів прополісу. Bankova et al. (2021)

прийшли до висновку, що найкращим розчинником сьогодні залишається етиловий спирт, а перспективними природними глибокоевтектичними розчинниками – NADES. Yildirim et al. (2018) за результатами дослідження прийшли до висновку, що у випадку необхідності подолання факторів котрі зумовлюють алергію прополісу можливо застосувати біотрансформацію. Біотрансформація прополісу *L. plantarum* може бути використана для оптимізації екстракту прополісу на основі необхідного фенольного профілю. Водночас прополіс, як продукт рослинно-тваринного походження, може нести і загрозу здоров'ю людини, через його природне техногенне забруднення, що узгоджується з результатами досліджень проведених Conti et al. (2022). Незважаючи на те, що пестициди значний час заборонені до використання у сільському господарстві, їх не слід ігнорувати, як потенційні контамінанти. Mititelu et al. (2022) становили наявність агрохімікату (інсектициду) ДДТ у зразках досліджуваного ними прополісу. Як з'ясовано Sharma et al. (2022) надмірне застосування ветеринарних препаратів з порушенням регламенту також спричиняє додаткову контамінацію продуктів бджільництва. Arruda et al. (2020) встановили, що недотримання належної практики бджільництва під час транспортування і зберігання прополісу, як сировини, може впливати на його якість. Hu et al. (2022) прийшли до висновку, що речовини маркери слід розглядати як інструмент у виявленні фальсифікованого прополісу.

Виробництво продукції у галузі бджільництва переслідує мету знизити затрати людської праці у технологічному процесі і тим самим підвищити рентабельність. Водночас мінімізація присутності людської праці і контакту людини з сировиною та продуктами мінімізує ризики пов'язані з погіршенням санітарно-гігієнічних умов виробництва. Кількість утримуваних бджолиних сімей у пасічницькому господарстві впливає на кількість задіяних працівників, час, що витрачається на обслуговування однієї бджолиної сім'ї, час приділений належним санітарно-гігієнічним умовам виробництва, рентабельності виробництва. Сьогодні відповідно до даних Реєстру пасік в Україні (<https://dpss.gov.ua/diyalnist/reystrividkritidani>) у 8 % пасічницьких

господарствах утримується до 10 бджолиних сімей, у 39 % – до 30, у 24 % – до 50, у 20 % до 100, у 7 % – до 200, у 2 % більше 200 бджолиних сімей. Пасічніцькі господарства з кількістю бджолиних сімей від 100 можна віднести до промислових пасік які в Україні складають 29 % від загальної кількості зареєстрованих господарств.

Тому, є необхідність у розробці, дослідженні і впровадженні у виробництво промислового і автоматизованого обладнання виробництва та отримання продукції бджільництва, зокрема прополісу. Аналіз досліджень та публікацій дає підстави зробити висновки, що в Україні сьогодні не достатньо приділяли належної уваги умовам виробництву прополісу. Відсутні пристрої та обладнання для удосконалення процесу виробництва безпечного та якісного прополісу, котрий відповідатиме високим вимогам нормативно-правових актів з якості та безпечності харчових продуктів та сировини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація безпосередньо пов'язана з тематикою наукових досліджень Національного університету біоресурсів і природокористування України, зокрема: «Наукові основи створення комплексу технологій здорових, оздоровчих та функціональних продуктів з використанням лікарських рослин та нетрадиційної сировини» (державний реєстраційний номер 0120U102377, 2020–2022 рр).

Мета та завдання досліджень. Мета роботи: підвищення ефективності процесу очищення сіток для отримання прополісу, як сировини для харчової промисловості; оптимізація якісних показників прополісу шляхом удосконалення процесу очищення; розробка обладнання для його реалізації; фізико-математичне моделювання досліджуваного процесу на основі отриманих експериментальних даних.

Для досягнення мети були поставлені **завдання:**

1. Науково обґрунтувати передумови розроблення технічного забезпечення для виробництва прополісу засобом аналізу та систематизації даних щодо технології, способів відбору та наявного обладнання;

2. Здійснити науково-технічне обґрунтування процесу очищення засобів збору та розроблення обладнання для отримання прополісу на підґрунті аналізу та інтенсифікації процесу його виробництва, оптимізації режимних та конструктивних параметрів пристроїв;

3. Застосувати фізико-математичне моделювання, технологічні основи проєктування, 3D-конструювання та нові технологічні рішення для розроблення пристрою з автоматизованим процесом очищення сіток для збору прополісу;

4. Провести промислове випробування, встановити якість отриманого продукту та визначити економічну доцільність використання пристрою у технології виробництва прополісу.

Об'єкти дослідження – технологія та процес очищення засобів збору для отримання прополісу, що включає всі аспекти збору та первинної його обробки, вивчення його властивостей, якості та безпечності, а також його використання у харчовій промисловості.

Предмети дослідження – прополіс, як сировина для використання у харчових та переробних виробництвах, пристрій для очищення сіток, механізація процесу очищення сіток для збору з покращенням санітарно-гігієнічних умов та нівелюванням ручної праці.

Гіпотеза наукових досліджень. Застосування напруг зсуву в умовах знакозмінних величин кінематичних параметрів сіток для збору під час удосконалення технології та розробки конструктивного оснащення для його реалізації. Заміна залежностей між параметрами досліджуваного процесу очищення на залежності між безрозмірними комплексами та критеріями подібності, що базуються на отриманій експериментальній базі.

Методи дослідження. Теоретичну і методологічну основу дослідження становлять фундаментальні положення технічних наук, зокрема в напрямку процесів харчових виробництв та отримання сировини високої якості. Для вирішення завдань дисертації використано загальні та спеціальні наукові методи, а саме: аналітичний, абстрактно-логічний, фізико-математичне моделювання,

3D-моделювання, конструкційний, фізико-хімічні, мікроскопічний, обробка даних, статистичний.

Інформаційна база досліджень. Аналіз та синтез наукової інформації проводили методом Torraco (2005) із використанням науково-метричної бази Springer та пошукового інструменту Google Scholar. Патентний пошук було виконано за нашим замовленням патентно-правовою фірмою «PRIMA VERITAS» (<https://prima-veritas.ua>). Опрацьовано каталоги виробників пасічницького обладнання: Thomas Apiculture, Lyson, Меліса-93, АBB-100, ПВІК «Павік», Civan, Park Plus, ІСКО, Bienen-Voigt & Warnholz, Giordan Srl, Logar, Prestige Stainless, Boutelje Products, Dadant, Maxant.

Наукова новизна одержаних результатів. Найважливіші наукові результати дослідження, які характеризуються новизною та виносяться на захист, полягають у такому:

вперше:

– обґрунтовано технологічний процес виробництва прополісу, що базується на фізико-математичному моделюванні процесу очищення, результатах 3D-моделювання виконавчих елементів, впливу біологічних чинників, проєктування параметрів якості готового продукту;

– отримано рівняння процесу очищення сіток для збору, що наводить залежності між такими фізико-механічними та теплофізичними параметрами досліджуваного процесу, як: площа контактної впливу за дії зсувних на згинальних напруг, коефіцієнт температуропровідності, густина продукції, час обробки, адгезійна здатність виконавчих органів та відцентрові сили у процесі, конструктивні характеристики сіток та валів; залежності базуються на використанні другої теореми подібності Федермана-Букингема, теорії «розмірності» за здійснення фізико-математичного моделювання досліджуваного процесу;

удосконалено:

– технологію виробництва прополісу через впровадження у процес очищення нових обладнання та засобів для його збору, з метою користування

у промислових обсягах, що сприятиме ширшому використанню продукту у харчовій галузі;

– розраховані залежності для визначення безрозмірних комплексів, критеріїв подібності Ейлера та Фур'є, технологічних та конструктивних параметрів обладнання за умов врахування особливостей досліджуваних процесів очищення засобів збору прополісу та його первинної обробки (натуральної грануляції).

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність результатів наукового дослідження полягає у тому, що:

вперше:

– розроблено технологію виробництва прополісу, що базується на механізації її основних процесів за максимального нівелювання ручної праці, підвищення якості продукту, порівняно із традиційними методами збору, поліпшення гігієнічно-санітарних умов виробництва;

– розроблено пристрій для виробництва прополісу із застосуванням технологічних основ проєктування, що забезпечує підвищення продуктивності очищення засобів збору;

удосконалено процес очищення виконавчих органів для збору прополісу, здійснено їх адаптацію до застосування у промислових обсягах, із забезпеченням максимальної механізації досліджуваного процесу з перспективами його автоматизації та підвищення обсягів використання продукту у галузях харчових і переробних виробництв;

спроєктовано, виготовлено та апробовано роботу набірних валів, що забезпечують одночасну подачу (втягування) та деформацію засобів збору прополісу. Завдяки цьому нівельовано необхідність включення додаткових механізмів у конструкцію пристрою для подачі засобів збору (сітка EVA) підчас їх згинання. Спрощення конструкції пристрою без втрати функціоналу позитивно впливає на собівартість його виготовлення, обслуговування та портативність. Вали, що складаються із вкладок та розділювачів створюють підґрунтя для проєктування та виготовлення за таким же принципом роботи

автоматизованих ліній з можливістю очищення засобів збору необхідних розмірів.

За результатами виробничих випробувань доведено, що розроблений пристрій дозволяє отримувати $12,72 \pm 2,26$ г прополісу з бджолої сім'ї в Черкаській області, $18,07 \pm 1,62$ г – Полтавській, $15,74 \pm 2,86$ г – Тернопільській, $13,81 \pm 1,96$ г – Хмельницькій, $16,95 \pm 1,30$ г – Житомирській області.

Проведено комплексне дослідження щодо складу, властивостей та якості прополісу, який отримано з використанням нового обладнання. Доведено високі біологічно активні властивості отриманого продукту, на що вказує вміст флавоноїдів у межах від 14,47 до 88,64 (± 1 %).

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою працею, в якій викладено авторський підхід щодо вирішення важливого наукового завдання – науково-технічне забезпечення процесу та обладнання виробництва прополісу. У роботі викладено наукову новизну, висновки та рекомендації для виробництва, які сформульовано на підставі даних, отриманих автором самостійно. У разі співавторства у наукових працях зазначено особистий внесок автора у списку опублікованих праць.

Апробація результатів дисертаційного дослідження. Результати дисертаційного дослідження висвітлені на: IV Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика розвитку вівчарства України в умовах євроінтеграції» (м. Дніпро, 2019); 4th International Scientific Conference «Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life» (Nitra, Slovak Republic, 2019); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів» (м. Житомир, 2019); Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові і технологічні виклики тваринництва у XXI столітті», присвяченої 90-річчю від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка УААН і РААН Г. О. Богданова (м. Київ, 2020); IX Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні

актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (м. Київ, 2020); X Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (м. Київ, Україна, 2021); Міжнародній науково-практичній конференції «Здорове харчування дітей в Україні – запорука майбутнього нації: стан і перспективи» (м. Київ, 2021); Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології» (м. Київ, 2021); 5th International Scientific Conference «Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development» (Nitra, Slovak Republic, 2021); Міжнародній науковій конференції «Прогнози та перспективи наукових відкриттів в аграрних науках і продовольстві» (м. Рига, Латвійська Республіка, 2022); 47th Apimondia International Apicultural Congress (Istanbul, Türkiye, 2022); 48th Apimondia International Apicultural Congress (Chile, September, 2023).

Публікації. Основні положення дисертації викладено в 27 наукових працях, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у інших наукових виданнях, 2 патенти України на корисну модель, патент України на промисловий зразок, 19 тез наукових доповідей.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ККД – коефіцієнт корисної дії

ДДТ – агрохімікат (інсектицид) дихлордифенілтрихлорметилметан

NADES – природні глибокі евтектичні розчинники

Фудоміка – науковий напрям, який вивчає складові їжі та її поживні елементи на молекулярному рівні

PE – екстракт прополісу з використанням етилового спирту

FTIR – інфрачервона спектроскопія з перетворенням Фур'є

RPHE – водно-спиртовий екстракт червоного прополісу

ЄС – Європейський Союз

АОА – антиоксидантна активність

ABS – акрилонітрил-бутадієн-стирол

PLA – біорозкладний термопластичний поліефір, що одержують на основі молочної кислоти

EVA – етиленвінілацетат ($C_6H_{10}O_2$)

Tukey HSD – одноетапна процедура множинного порівняння та статистичний тест (тест Тьюкі)

DIN – стандарт для кріпильної техніки

МД – масова частка механічних домішок

МВ – масова частка воску у зразках прополісу

РОЗДІЛ I

ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ

1.1. Походження та сировина для виробництва прополісу

Широкий перелік продуктів отримує людина внаслідок дій бджолої сім'ї, серед яких: мед, обніжжя, перга, маточне молочко, трутневий гомогенат, віск, прополіс, отрута, підмор бджіл. Ріст значного попиту на прополіс, як природнього консерванта з широкими властивостями як харчового інгредієнта, зумовлює необхідність у пошуку нових технологій його отримання. Наявні способи отримання прополісу в Україні, поряд з відсутністю належної технології його отримання, приводять до необхідності в її розробці з метою збільшення продуктивності та покращення дотримання санітарно-гігієнічних вимог під час його виробництва. Зрештою це має сприяти відновленню довіри до українського продукту з можливістю його експорту та збільшення економічної ефективності ведення пасічницьких господарств.

Прополіс – клейка смолиста речовина, зібрана бджолами з бруньок, листя, стебел диких рослин і перероблена, яка має бактерицидні властивості та використовується для заклеювання щілин у вулику, полірування стінок воскових комірок, бальзамування трупів наживних ворогів (мишей, плазунів тощо) (Макашвили, 1977; Іванова, 2009). Ідентичне визначення поняття прополісу наведено в ДСТУ 4662:2006.

Вченими, зокрема Ніколаєвим (1975), Кайясом (1985) та іншими, неодноразово відзначено, що назва «прополіс» походить від двох слів грецькою мовою: «лрѳ» – «для», «попереду», і «лѳлѳς» – «місто», «фортеця». Кайяс у своїх працях зазначає, що бджоли в умовах із спекотним кліматом відбудовують перед льотками цілі фортифікаційні споруди з прополісу, що і зумовило його назву.

У різних країнах та мовах термін «прополіс» має свої значення: bee glue – на англійській мові; propolis – на французькій; kittharz, kittwachs – на німецькій;

taruvaik, tarupigi – на естонській; kit pazczeli – на польській; voorwas – на голландській, що зумовлено особливостями мови та культури (Макашвили, 1977). Існує думка, що прополісу в готовому вигляді в природі немає. Прополіс – це продукт переробки бджолами смолистих речовин рослинного походження (Іванова, 2009).

Чижмарик (Cizmarik), Мачичка, Мател (Matel), Кайяс, Морс виділяють дві основні теорії походження прополісу (Харнажа, 1981).

Теорія зовнішнього походження прополісу полягає в тому, що її прихильники неодноразово експериментально доводили, що цей продукт має рослинне походження. На їхню думку, джерелами прополісу є листки, бруньки і кора рослин (дерев), а також інших видів трав'янистих рослин, чагарників, які виділяють смолисті речовини різними частинами вегетативних органів. Прихильники теорії зовнішнього походження прополісу трактують його виробництво бджолами так: спочатку бджола відриває шматочок смолистих виділень рослин за допомогою мандибул та допомагає собі парюю передніх ніжок і розминає мандибулами смолу, потім переміщає частини смоли за допомогою передньої пари ніжок до задньої, де розміщує в кошики для збору квіткового пилку та формує грудку за допомогою щіточок, кігтиків, далі бджоли-збиральниці повертаються у гніздо, де бджоли-приймальниці звільняють їх від смолистих речовин, зібраних з рослин (Meyer, Ulrich, 1956; Nakamura, Seeley, 2006).

Описана теорія походження прополісу має умовну назву «Теорія Реша», оскільки прийнято вважати, що її основоположником є Реш (Rösch G. A.) та його послідовники Евениус, Берлепш, Чиезельський та інші (Ghisalberti, 1979).

Теорія внутрішнього походження прополісу є діаметрально протилежною попередній. Її автори переконують, що утворення прополісу відбувається внаслідок перетравлення бджолами квіткового пилку рослин. Цей процес відбувається так: бджоли, споживаючи пилок, накопичують його у медовому зобику разом із великою кількістю води, внаслідок чого пилкові зерна набрякають і збільшуються у розмірах до п'яти разів відносно їх попередньої

ваги, це призводить до розриву їх оболонки. У результаті такого процесу плазму, яка виходить із пилоквих зерен, бджоли використовують у раціоні бджілля-годувальниць, а з оболонки пилоквих зерен утворюється бальзамічна речовина, яку виділяють бджоли ротовим апаратом у вигляді капель і використовують як основу прополісу.

Автори цієї теорії пояснюють наявність цілих пилоквих зерен у прополісі тим, що під час перебування у зобіку не всі пилокві зерна руйнуються, що зумовлено їх різними властивостями та будовою.

Зазначена теорія внутрішнього походження прополісу з'явилась у серпні 1907 року. Її основоположником прийнято вважати німецького вченого пасічника Макса Кюстенмахера (Max Küstenmacher), який виступив на загальному зібранні німецьких, австрійських і угорських пасічників у Франкфурті-на-Майні, де виклав нову теорію походження прополісу, яка ґрунтувалась на його дослідженнях. Основними прихильниками цієї теорії є вчені Век Філіп (Philipp P. W.) (Макашвили, 1977).

Пізніше науковці, на підставі фізіологічних, анатомо-морфологічних та біохімічних даних (Поліщук, 1975; Тихонов та Сало, 1977), прийшли до висновку, що прополіс має складне рослинне походження (смоли, бальзами, які виділяються рослинами в поєднанні з бальзамічними речовинами з пилоквих зерен), та збагачений ферментами секреторних виділень нижньощелепних залоз медоносних бджіл.

Тихонов та Сало (1977) визначають, що прополіс є складною сумішшю, приготовленою бджолами з бджолиного клею і воску, пилку, перги, секреторних виділень та механічних домішок (пил, шматочки крил, волокна рослин тощо). Отже, на думку авторів, прополіс є продуктом бджільництва, що складається з речовин рослинного та тваринного походження.

Встановлено, що бджолина сім'я використовує прополіс для покриття внутрішніх стінок житла, утворюючи оболонку навколо гнізда та заповнюючи різні тріщини та отвори. Прополіс служить матеріалом для обмеження (зменшення) отворів (льотків), що сприяє належному регулюванню мікроклімату

бджолиного гнізда та створює перешкоду для потрапляння до гнізда шкідників та ворогів бджіл. Крім того, прополіс використовується бджолами для муміфікації трупів нажалиних шкідників, які потрапили до гнізда та не можуть бути видалені бджолами самотійно (Ghisalberti, 1979; Duangphakdee et al., 2009; Simone-Finstrom et al., 2017).

Доведено, що прополіс відіграє важливу роль в імунній системі бджолиної сім'ї. Насамперед це пов'язано з тим, що медоносним бджолам не вистачає багатьох імунних генів (Simone-Finstrom, Spivak, 2010). Існує думка, що прополіс може відігравати маскуючу або відлякуючу функцію щодо шкідників та ворогів бджіл, що проявляється відкладанням прополісу бджолами в льотковій зоні (Tomaszewski et al., 2019).

Прополіс має ботанічне походження, і в різних фітогеографічних регіонах різні рослини слугують джерелом смоли, яку збирають медоносні бджоли для його виробництва (Bankova et al., 2000). Знання складу прополісу, який залежить від географічного та кліматичного походження, а також його біологічних властивостей із зразків різних регіонів є надзвичайно цінними для проблеми стандартизації прополісу (Graikou et al., 2016).

Щодо ботанічного походження вважається, що перші науково доведені докази рослинного походження прополісу були представлені С. О. Поправко (Поправко, 1972; Benhanifia & Mohamed, 2015). Найпершими перевіреними рослинними джерелами смоли для прополісу ще в 1970-х роках були *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L, *Populus nigra* L. Подальші дослідження показали, що ці рослини є основними джерелами прополісу на більшій частині європейського континенту, а деякі їх види в Азії, Північній Африці та Новій Зеландії (Bankova et al., 2018; Isidorov et al., 2016; König, 1985).

Перший комплексний огляд рослинних джерел прополісу був підготовлений і опублікований в 1978 році Е. Л. Гісалберті (Ghisalberti, 1979). Наступною найповнішою роботою є монографія Еви Крейн, опублікована в 1990 році (Crane, 1990; Kuropatnicki et al., 2013).

Для визначення джерел походження прополісу застосовують такі методи: хімічний аналіз складу прополісу і зразків зібраних смол з гіпотетичних рослин-джерел, пилковий аналіз прополісу на вміст пилоквих зерен рослин, аналіз вмісту прополісу на залишки частин рослин (кусків листя, клітин стебел, трихом). Останній спосіб визначення джерела ботанічного походження прополісу на цей час вважається найпродуктивнішим та найточнішим (Teixeira et al., 2019; Bankova, et al., 2018). За необхідності визначення популяції і гаплотипу рослин, як джерел прополісу з різних регіонів вдаються до ДНК аналізу залишків рослин у дослідних зразках прополісу (Mendonça-Melo et al., 2017). Під час визначення географічного походження та сезону збору прополісу, з метою підтвердження якості та визначення фальсифікації, вдаються до аналізу його пилкового профілю. Отримані результати порівнюють з флорою та заявленою географією походження прополісу та календаря цвітіння, що дає можливість підтвердити чи спростувати географічне походження продукту (Vargas-Sánchez et al., 2016). Знання про рослинну базу місцевості, яка є джерелом рослинних смол, має важливе практичне значення з огляду на те, що відсутність джерел прополісу необхідного медоносним бджолам спонукає їх до принесення у гніздо різного роду хімічних речовин (бітум, господарські фарби, нафтопродукти та інше), і як наслідок, до хімічного забруднення елементів вулика та продукції (Alqarni et al., 2015; Özenirler et al., 2018).

Доведено, що 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).

Встановлено, що *Populus tremula L.* (Осика) є основним доведеним джерелом рослинних смол прополісу в таких країнах, як Німеччина, Сербія. У зразках прополісу з Сербії, які були зібрані на висоті 500 м над рівнем моря, основним компонентом були смоли з *Populus tremula L.* (осика), а в зразках прополісу зібраного з висоти 400 м і нижче над рівнем моря встановлено, що джерелом прополісу є гібрид тополі (*Populus nigra L. x Populus x euramericana*

buds) *P. x canadensis* (Гібрид Чорної тополі), який також слугує джерелом рослинної смоли для прополісу Німеччини. Існує думка, що *Betula pendula* Roth є також джерелом прополісу в Німеччині (Anđelković et al., 2017; Bertrams et al., 2013).

Доведено, що *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, V.A., Szczepaniak, L., Bakier, S., 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 Білорусі. Прополіс з північно-східного регіону росії переважно складається зі смоли *Betula pendula* L. (Isidorov et al., 2014).

Доведено, що *Populus balsamifera* L. (Тополя бальзамічна) є основним джерелом прополісу в штатах Орегон, Каліфорнія, Міннесота Сполучених Штатів Америки (Aliboni, 2014).

Pinus pinea L. (Сосна італійська), *Pinus nigra* L. (Європейська чорна сосна), *Pinus halepensis* L. (Сосна алéпська), а також *Pinus brutia* L. (Сосна турецька) слугують характерним джерелом смоли для прополісу на островах Східно-Егейського моря, Кіпру і Греції (Isidorov et al., 2016).

Populus tremuloides Michx. (Тополя осино подібна), *Populus deltoides* Marsh. (Тополя трикутнолиста, Тополя канадська), *Populus fremontii* Wats., *Populus maximoviczi* Henry (Тополя Максимовича), *Populus trichocarpa* Torr. (Тополя волосистопада) є поширеним джерелом прополісу в Канаді (Al Nagggar et al., 2016; Кобів, 2004; Christov et al., 2006).

Дослідження, проведені в 2018 році вченими з Institute of Apicultural Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China, Xue Wang, Hao Hu, Zhaoming Luo та іншими, довели, що основним компонентом прополісу

з Китаю є смола гібриду *Populus nigra* L. та *Populus deltoides* L. – *Populus canadensis* Moench. (Wang et al., 2018). Водночас Jiang et al. (2019) відзначають, що джерелами прополісу в районі гір Чанбай (Китай) є *Populus davidiana* Dode і *Populus simonii* Carr., які широко поширені в цьому районі.

Існує думка, що 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) (Parachristoforou et al., 2019; Кобів, 2004). *Mangifera indica* L. (Манго) визначено як основне джерело смоли для прополісу в таких країнах: Оман, Індонезія, Тайланд, Камерун, Фіджі (Sanra et al., 2017; Trusheva et al., 2016; Bankova et al., 2018; Kardar et al., 2014).

В Омані вченими ідентифіковано, окрім вище зазначеної рослини, також такі джерела рослинних смол для виробництва прополісу медоносними бджолами: *Azadirachta indica* A. Juss, *Acacia nilotica* L. Del (рід *Acacia* spp) (Porova et al., 2013). Вченими встановлено, що сік *Rhus javanica* var. *chinensis* (Mill.) є також джерелом прополісу в Японії (Murase et al., 2008).

Поширеним джерелом прополісу у північно–західній частині Аргентини є чагарник *Zuccagnia punctata* Cav. (Solorzano et al., 2017). Також в Аргентині ідентифіковано рослину *Larrea nitida* Cav. як джерело смоли для прополісу (Miguel & Figueiredo, 2017).

До найбільш вивченого рослинного джерела прополісу в Південній Америці та особливо в Бразилії можна віднести *Vaccharis dracunculifolia* DC. *V. dracunculifolia* є джерелом відомого на весь світ Бразильського зеленого прополісу (Bankova et al., 2006).

Джерелом відомого червоного прополісу в Бразилії (de Pontes et al., 2018) та на Кубі є *Dalbergia ecastaphyllum* L. Дослідженнями встановлено, що сезонність збору червоного прополісу, зібраного медоносними бджолами з *D. ecastaphyllum* (L.) Taubert, впливає на його ефективність. Порівняно з екстрактом самої смоли, екстракт прополісу має більшу цитотоксичність. Це призвело до виникнення гіпотези про модифікацію смоли *D. ecastaphyllum*

(L.) Taube під час виробництва прополісу медоносними бджолами зі смоли цієї рослини (da Silveira Regueira-Neto et al., 2018; Mendonça-Melo et al., 2017; Araujo et al., 2018). *Mimosa tenuiflora* L. було ідентифіковано як джерело прополісу в Бразилії (Ferreira et al., 2017). Regueira et al. (2017) відзначають сезонні коливання в концентраціях ідентифікованих сполук у червоному прополісі, зібраному в Тамандаре, штат Пернамбуку (Бразилія). Науковці порівняли концентрацію шести сполук у найбільш дощовий і найсухіший періоди і помітили, що чотири з них (хлорогенова кислота, кавова кислота, еллагова кислота, кверцетин) мали найвищу концентрацію в сухий сезон.

Dalbergia spp. є основним видом рослин, який відвідується медоносними бджолами для збору смоли та виробництва прополісу в країнах, таких як Нігерія та Мексика (Omar et al., 2016). Kumazawa (2018) встановлено, що джерелом рослинних смол для виробництва прополісу медоносними бджолами в Кореї (острів Jeju) є рослина *Angelica keiskei* (Miq.) Koidz.

Macaranga tanarius L. є одним із доведених джерел смоли для прополісу в Японії (Окінава), Індонезії, Тайвані, США (Гаваї), Соломонових островах, його іноді називають «тихоокеанським прополісом» (Kumazawa, 2018). Медоносні бджоли збирають смолу для прополісу, зскрібаючи її з плодів *Macaranga tanarius* L (Salatino & Salatino, 2017).

Ambrosia ambrosioides (Cav.) W.W.Payne та *Encelia farinosa* Torr. є рослинами, які ростуть у пустелі Sonora, що розташована на кордоні США та Мексики, і були ідентифіковані як одне з джерел рослинної смоли для виробництва медоносними бджолами прополісу (Alday et al., 2019; Alday et al., 2016). Припускають, що новим джерелом прополісу в Саудівській Аравії є рослина *Psiadia punctulata* DC. та *Psiadia arabica* (Almutairi et al., 2014).

Lepidosperma sp. ідентифіковано як один із видів рослин, які слугують джерелом прополісу на острові Kangaroo, Австралія (Duke et al., 2017).

Дослідження зразків прополісу, отриманих в Португалії з використанням електрохімічних методів, таких як циклічна вольтаметрія та диференціальна

імпульсна вольтаметрія, дали можливість визначити ботанічне походження прополісу з камеді *Cistus ladanifer* L. (Falcão et al., 2016; Falcão et al., 2013).

Випробування прополісу з Венесуели довели, що одним із джерел є рослинні смоли для виробництва червоного прополісу, які виділяються квітами рослини *Clusia minor* L. і *C. major* L. (Guttiferae) (Tomás-Barberán et al., 1993). Пізніше встановлено, що ці рослини також є джерелом червоного прополісу на Кубі та в Бразилії (Spulber et al., 2017). Сьогодні це єдиний відомий вид рослин, що продукує смоли для прополісу безпосередньо з квітів.

Встановлено, що одним із джерел рослинної смоли для виробництва прополісу є рослинні смоли, зібрані медоносними бджолами з *Huptyis divaricata* (Park et al., 2002). Так, біорізноманіття джерел отримання рослинних смол відіграє важливу роль у подоланні негативної мікрофлори в гнізді бджіл. Різні рослинні смоли, які використовуються медоносними бджолами для вироблення прополісу, орієнтовані на різні види патогенних мікроорганізмів. Змішування різних рослинних смол бджолами під час виготовлення прополісу є більш ефективним способом протистояти патогенним мікроорганізмам, ніж монофлорне використання смоли однієї рослини (функціональна комплементарність) (Drescher et al., 2014).

Відомо, що прополіс, який виробляється бджолами поза традиційними ареалами поширення медоносних бджіл, зазвичай має корисні фізичні і антисептичні властивості, які ефективні для бджіл (Duke et al., 2017).

Типи прополісу. В основу формування визначення типу прополісу в різних наукових джерелах вкладається різний підхід. Під поняттям «Середземноморський тип прополісу» деякими авторами розуміється прополіс, ботанічним джерелом якого є рослина *Cupressus sempervirens* L. (Кипарис вічнозелений) з країн, які знаходяться в басейні Середземного моря, таких як Сицилія, Греція, Мальта, що не відображає всі країни середземноморського басейну (El-Guendouz et al., 2019). Водночас науковці з Institute for Apicultural Research and Development (Бухарест, Румунія), до поняття «Середземноморський тип прополісу» відносять прополіс, ботанічним джерелом якого є рослинні

смоли *Cupressus sempervirens* L. (Кипарис вічнозелений) та рослини роду *Ferula* spp., найчастіше *Ferula communis* L., з Хорватії, Сицилії, Греції, Мальти, Алжиру та Кіпру (Spulber et al., 2017). Результати дослідження рослинних джерел прополісу з Ірану встановлено, що одним із відомих на цей час джерел є рослина роду *Ferula* spp., а саме *Ferula avina* (Boiss.) Водночас Іран не є країною Середземномор'я (Bankova et al., 2018). Існує думка, що окрім *Ferula avina* (Boiss.), джерелами прополісу в Ірані слугують *Juniperus polycarpus* K. Koch, *Prunus avium* spp., *Populus* spp. (Afrouzan et al., 2018).

Окрім зазначеного типу прополісу, вчені вказують такі: «Poplar propolis» (Тополевий прополіс) – джерелом рослинних смол зазначено *Populus* spp.; «Birch propolis» (Березовий прополіс) – джерелом рослинних смол зазначено *Betula verrucosa* Ehrh.; «Green propolis» (Зелений прополіс) – джерелом рослинних смол зазначено *Baccharis* spp.; «Red propolis» (Червоний прополіс) – джерелом цього типу прополісу вказано декілька рослин з ареалом поширення в різних країнах: *Dalbergia ecastaphyllum* (Бразилія), *Clusia* spp. (Венесуела, Куба); «Pacific propolis» (Тихоокеанський прополіс) – джерелом походження є *Macaranga tanarius*; «Canarian propolis» (Канарський прополіс) – джерело рослинних смол не визначено; «Stilbene propolis» – географічне походження Канарські острови, джерело цього типу прополісу *Ambrosia deltoidea* (Torr.) W.W.Payne та *Encelia farinosa* A.Gray ex Torr. (Spulber et al., 2017).

Інша група вчених розділяють прополіс за такими типами: «Green» (Зелений) – рослинні смоли з *Baccharis* spp. (*B. dracunculifolia*); «Poplar» (Тополевий) – слинні смоли з *Populus* spp.; «Birch» (Березовий) – *Betula verrucosa* Ehrh.; «Red propolis» (Червоний прополіс) – джерелом прополісу визначено *Dalbergia* spp.; «Mediterranean» (Середземноморський) – рослинним джерелом визначено *Cupressus sempervirens* L.; «Clusia» (Клузія) – прополіс у склад, якого входять солі *Clusia* spp.; «Pacific» (Тихоокеанський) – джерелом рослинних смол визначено *Macaranga tanarius*; «Tunisian Propolis» (Туніський прополіс) – країна походження Туніс, рослинні смоли *Cistus* spp. Водночас рослини роду *Cistus* spp. є доведеним джерелом прополісу в Португалії (Falcão et al., 2016). «Iranian

Propolis» (Іранський прополіс) – джерелом рослинних смол визначено *Ferula afghanica* Gilli. Проте існують інші наукові дані про джерела прополісу в Ірані (Afrouzan et al., 2018). «Egyptian Propolis» – джерело прополісу *P. nigra* (Benhanifia & Mohamed, 2015).

Науковці з Warsaw University of Life Sciences виділяють такі типи прополісу: «Poplar type» (Тополевий тип), «Red propolis» – з рослинним джерелом походження *Clusia* spp; «Brazilian green propolis» – рослинне походження *Baccharis dracunculifolia*; «Birch» – рослинне походження *Betula verrucosa*; «Mediterranean» – джерелом походження, як зазначають автори, є рослини роду *Cupressaceae* та *Pinaceae* (Pobiega et al., 2017).

Водночас інші автори виділяють такі типи прополісу, які поширені в Бразилії: «Green» (Зелений) джерелом смол цього типу прополісу є *Baccharis dracunculifolia*; «Red» (Червоний) джерелом смоли є поширена в Бразилії рослина *Dalbergia ecastaphyllum*; «Brown» (Коричневий) – джерелом смоли є рослини *Baccharis dracunculifolia* та *Vernonia polyanthes*; «Yellow» (Жовтий) – сьогодні джерело походження не встановлено (Hodel et al., 2020). У цьому випадку вчені класифікували прополіс за типами, основою для яких є колір прополісу, без прив'язки до географічного регіону. У подальшому було проведено класифікацію прополісу з Бразилії на 12 груп, її основою були фізико-хімічні характеристики (Park et al., 2002).

У країнах зі значними масивами лісів та рослинності питання джерел прополісу для медоносних бджіл не постає і, як правило, кочівля пов'язана виключно з отриманням товарного меду. Водночас у країнах з посушливим кліматом та бідною флорою питання кочівлі до прополісоносних джерел є актуальним (Breyer et al., 2016). Останнім часом поширення набувають методи аналізу джерел прополісу із застосуванням знімків супутників, визначення площі угідь та оптимальних місць розміщення пасік, наприклад із використанням програми ArcGIS (Abou-Shaara & Eid, 2019).

Вчені з University of Belgrade – Faculty of Chemistry (Belgrade, Serbia) зазначають різні типи прополісу, серед яких є: євразійський (помірний або

тополевий тип), африканський та зелений бразильський прополіс, кожен з яких, на думку авторів, має чіткі хімічні властивості і характерні біомаркери (Ristivojević et al., 2015).

За результатами досліджень в Apicultural State Institute, Hohenheim University (Stuttgart, Germany) виділяють такі типи прополісу: О-тип отриманий у Німеччині, рослинним джерелом якого визначено *Populus × canadensis* Moench і *Populus nigra* var. *italica* Münchh.; В-тип, рослинним джерелом якого визначено *Populus tremula* L.; G-тип, рослинним джерелом якого визначено *Aesculus hippocastanum* L., *Betula pendula* Roth, *Betula populifolia* Marshall (Bertrams et al., 2013).

Drescher et al. (2019) дослідили джерела прополісу у Нижній Саксонії на північному заході Німеччини. Медоносні бджоли збирають порівняно широкий і дуже варіативний спектр джерел смоли і роблять чіткий вибір, віддаючи перевагу одним смолам (наприклад, окремим видам і хемотипам тополі). Науковці відзначають, що за результатами дослідження вони прийшли до висновку, що бджоли використовували тополю (*Populus balsamifera*, *P. x canadensis*), березу (*Betula alba*), кінський каштан (*Aesculus hippocastanum*) і хвойні дерева (*Picea abies*, або *Pinus sylvestris*) як джерела смоли.

Wilson et al. (2013) за результатами дослідження прийшли до висновку, що медоносні бджоли обирають серед багатьох видів смолистих рослин, навіть серед близьких видів.

Сьогодні відсутній єдиний підхід щодо загальних процедур екстракції прополісу, загальних еталонних стандартів та вираження результатів, що ускладнює їх узагальнення. Література по антиоксидантній активності прополісу в основному сфокусована на одній або двох загальних процедурах, таких як антиоксидантна й еквівалентна здатність на основі тролокса (ТЕАС), результати яких корелюються. Опубліковані дослідження прополісу не часто оцінюють антиоксидантну активність щодо конкретних вільних радикалів, які представляють фізіологічний інтерес (Osés et al., 2020).

Отже, у помірному кліматичному поясі, в якому розташована більша частина європейського континенту, основними джерелами прополісу є рослини роду *Populus* sp. – *Populus nigra* L., *Populus alba* L., *Populus tremula* L. Важливими вторинними джерелами прополісу з незначною часткою у складі в помірному кліматі Європи є *Betula pendula* Roth, *Aesculus hippocastanum* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (*Alnus acuminata* Kunth.), *Pinus* sp., *Salix alba* L., *Quercus*, *Fraxinus*, *Picea* (Warakomska & Maciejewicz, 1992; Milojković et al., 2016; Przybyłek & Karpiński, 2019).

1.2. Технології, способи відбору та обладнання з виробництва й первинної обробки прополісу

Доведено, що кількість прополісу у вулику залежить від кліматичних умов, біологічного стану бджолої сім'ї, породи бджіл, періоду збору та способу збору (Поліщук, 1975). Науковці 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 бджолої сім'ї (Mountford-McAuley et al., 2021).

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 видавати 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 120x3,5 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.

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).

В Іспанії збір прополісу від *Apis mellifera* L. здійснюють з використанням пластикових решіток, які розміщують над гніздом бджіл (Jorge, 2018).

Сьогодні відомі такі способи отримання прополісу в помірному кліматичному поясі від медоносних бджіл: очищення пасічною стамескою елементів гнізда бджіл; використання спеціальних двошарових потолочин з капроною сіткою розміром комірок 4x4 мм з розміщенням їх над гніздом бджіл; розміщення поверх рамок спеціальної дерев'яної або пластикової решітки з розміром комірок 3x4 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.

Найпершою відомою нам технологією отримання прополісу на теренах пострадянських країн запропоновано Садовніковим. Автор виділяв такі способи отримання прополісу із вуликів: використання полотнин з тканини; використання підхолстиків (марля, капронова сітка, рихле полотно); очищення вуликових рамок; використання спеціальних льоткових касет і рамок решіток. Було запропоновано технологію очищення полотнин від прополісу з використанням станків СИП-55, СИП-уп, ручного зубчастого катка,

побутового пилососу, центрифуги марки ЦЛК-1, преса для пресування прополісу в брикети. Отримані полотна з пасік сортують на 1-й, 2-й та 3-й сорти, очищують від підмору й інших механічних домішок. Відповідно до авторського свідоцтва № 382391 (СРСР) Садовников запропонував охолоджувати покриті прополісом холстики до $-10...20^{\circ}\text{C}$, після охолодження холстики 1-го сорту пропускають через станок СИП-55, протягуючи їх над валами чергуючими рухами в одну та в іншу сторону. Полотна 2-го сорту пропускають через станок СИП-уп, а полотна 3-го сорту через ручний зубчастий каток. Після цього для очищення прополісу від механічних домішок його подрібнюють у центрифугі марки ЦЛК-1 та просіюють, після чого пресують у брикети. Садовников А. також запропонував орієнтовну технологічну карту і календар строків робіт з отримання товарного прополісу (Садовников, 1982).

Терехін В. Г., Садовников А. А. і Родков В. В. запропонували в 1973 р. пристрій для збору прополісу. Пристрій складається з рами, на якій закріплено два зубчастих вала, які обертаються один до одного. Один із валів має виступи у формі чотирьох кутніх пірамід, а протилежний вал має виступи у формі паралелепіпедів. Запрополісований холстик, оброблений валами, проходить біля щітки, яка обертається та очищує прополіс від холстика. Автори рекомендують час від часу піднімати холстик вгору (авторське свідоцтво № 640723, № 1961649/30-15, 1973 рік) (Терехін та ін., 1973).

За радянських часів вважали, що від однієї бджолиної сім'ї в сезон за звичайних умов можливо отримати 80–120 г прополісу. Для збільшення збору прополісу автор пропонує розміщувати у вулику дерев'яні рамки з поворотними або не поворотними планками відстань між яким 4 мм над гніздом бджіл. Такий спосіб дає можливість отримати від однієї сім'ї від 125 до 1000 г прополісу за сезон. Очищення прополісу не рекомендується здійснювати з використанням хімічних, термічних впливів, а також обробляти водою за підвищених температур оскільки прополіс містить нестійкі до нагрівання та окислення повітрям сполуки. Зберігаючи прополіс герметично закупореним і за відсутності прямих сонячних променів за температури 4°C і 23°C , кислотне та йодне числа

не змінюється протягом 7 років. Прополіс з урахування зазначених умов зберігання не втрачає свою антимікробну дію до 3 років зберігання.

У 2005 р. розроблено пристрій для отримання прополісу, який працює так: запрополісовані тканинні полотна, зшивають у стрічку та намотують на барабан, проводять через отвір у рамі та через ємність з охолоджувальним агентом (рідким азотом), пропускають через зубчасті вали, які обертаються назустріч одне одному, великі фракції прополісу попадають на сито і надалі в ємність, а дрібні фракції прополісу видаляються барабаном–щіткою, до якої підводиться притискна планка, і через сито потрапляють в ємність. Далі полотно після очищення потрапляє на зубчасті валики, які зустрічно обертаються, і через вихідний отвір рами намотується на приймальний вал. Однак, ця технологія не була поширена.

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. 1.1, 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. 1.1, 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).



А



Б



В



Г

Рис. 1.1. 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).

Між гніздовим та кормовим корпусом вставляють планки 2x3 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).

Збір прополісу способом EGPP (Elias Green Plate Propolis) з використанням колекторів CPI (Intelligent Collector of Propolis) (рис. 1.1, 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 СРІ використовують вулики системи Лангстрот на 10 рамок. Колектор СРІ 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 30x215 мм кожний. В одну надставку на вулик з однією сильною бджолоиною 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 бджолоиноного 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 протягом 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 іншої публікації продуктивність колектора складає 600 г в місяць (Jonathan José Alejandro Cuenca, 2015).

У 2000 році бразильцем Карлосом Едуардо Консейсао (Carlos Eduardo Conceição) 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. 1.1, В). De Ayala L. M. P. 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 Ayala et 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 підготовані; у другій групі бджолині сім'ї були без корму але отримували підгодовівлю; третя група мали запаси корму але не отримували підгодовівлю; четверта група мала запаси меду у гнізді та отримувала підгодовівлю. За результатами дослідження 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. Не менш важливим є і питання належної селекції з огляду на вище описане. 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. 1.1, 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. 1.1, 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 дослідженні вказані

колектори розміщені з бокової сторони гнізда. Аналогічні колектори виконані за таким же принципом розміром 15x45 см. Розміри виконано довжиною 35 см та шириною 0,4 см. Колектори цієї модифікації були розміщені на задній частині вуликів задіяних у досліді. Додатково розміщено у кожному дослідний вулик пластикові листи розміром 45x35 см з отворами 3x3 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 450x4 мм з відстанню між ними 10 мм було порівняно із сіткою з отворами 1x1 мм, пластиковою решіткою для збору прополісу (3x16 мм), сіткою з комірками розміром 4x4 мм, сіткою 2x2 мм. За результатами дослідження науковці відзначають, що сітки 1x1 мм та 2x2 мм прополісувались бджолами найшвидше. У двох повторах сітки з комірками 2x2 мм були заповнені прополісом найшвидше. Найбільше прополісу збрали сітки з отворами 1x1 мм ($29,57 \pm 7,59$ г), за ними йдуть сітки з отворами 2x2 ($23,70 \pm 5,63$ г) і комерційні решітки ($15,62 \pm 4,05$ г), без значних відмінностей між ними. Швидкість заповнення сіток 2x2 мм складає $20,5 \pm 0,5$ доби (Tsagkarakis et al., 2017).

Доведено взаємозв'язок між морфометричними характеристиками різних рас та екотипів медоносних бджіл і прополісною продуктивністю. Науковці Кекеçoğlu et al. (2020) провели дослідження прополісної продуктивності *Apis mellifera caucasica*, *A. m. carnica*, *A. m. syriaca* та два екотипи *A. m. anatoliaca* (Muğla, Yiğilca). 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 ніжок зафіксовано у екоотипу *Yığılca* (*A. m. anatoliaca*) та *A. m. caucasica*, відповідно й прополісну продуктивність (Kekeçoğlu et al., 2020).

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 флаваноїдів. Водночас прополіс зібраний шляхом очищення елементів гнізда бджіл мав значних залишок механічних домішок від 5 до 546 г ($112,6 \pm 179,78$ 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.

Було проведено 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).

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 & Erkan, C. 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 (Chmielewski, 2002).

Вчені відзначають, що світовий ринок прополісу за їх прогнозами зростатиме до 26,07 млн доларів США протягом 2019–2023 років. У зв'язку з цим країни котрі не мають ринку прополісу, як наприклад Нігерія, слід звернути увагу на покращення економічної ефективності пасічництва через промисловий збір прополісу (Okhale et al., 2021).

Стимулювання бджолої 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. Результати дослідження показують, що бджолині сім'ї збільшують швидкість пошуку смоли після зараження грибковим паразитом *Ascophæra apis*. Крім цього бджолина сім'я, може реагувати на інфекцію шляхом самолікування, збільшуючи кількість особин, які шукають рослинну смолу.

1.3. Склад, властивості, якість та безпечність прополісу різного ботанічного та географічного походження

Перші відомі нам згадки про хімічний склад прополісу датовані 1865 роком з робіт Ваквелика. Основними компонентами прополісу є: рослинні смоли (50–70 %), масло і віск (30–50 %), пилок (5–10 %), інші хімічні речовини, наприклад амінокислоти, цукри, вітаміни, флавоноїди, феноли, складні ефіри, терпени та інші ароматичні сполуки (Pobiega et al., 2017).

Зазвичай прийнято вважати, що в складі прополісу міститься бджолиний віск який додається медоносними бджолами в процесі переробки рослинної смоли, проте дослідження показують, що в склад прополісу також входять природні воски які виділяються рослинами (Negri et al., 2000).

Встановлено, що 80 % від загальної кількості складу фенолів, які виявлено в прополісі з Китаю, складають такі сполуки як: *caffeate*, *phenethyl caffeate*, *cinnamylcaffeate*, *cinnamyl p-cinnamate*, *pinobanksin-3-acetate*, *chrysin*, *pinocembrin*, *galangin*, *5-methoxy pinobanksin* та *pinobanksin* (Wang et al., 2018).

Встановлено, що прополіс різного географічного походження має різний набір певних хімічних сполук. Наприклад, за набором фенольних сполук можливо визначити або спростувати географію походження прополісу з Європи.

Дослідження хімічного складу прополісу триває багато років. У зразках прополісу з різних географічних регіонів світу було виявлено понад 800 сполук

у різних типах прополісу, таких як «помірний», «тропічний», «березовий», «середземноморський» і «тихоокеанський» (назви типів прополісу неузгоджені у науковій літературі). Загалом вони включають спирти, кислоти та їх складні ефіри, бензофурани, бензопірани, халкони, флавоноїди та їх складні ефіри, глікозиди (флавоноїди та дитерпени), гліцерин та його складні ефіри, лігнани, фенілпропаноїди, стероїди, терпени та терпеноїди. Серед них флавоноїди (>140), терпени та терпеноїди (>160) були основними компонентами (de Groot et al., 2014; Kasote et al., 2022).

Встановлено, що флавоноїди є основною складовою прополісу та вносять значний вклад у фармакологічні властивості прополісу. Зазначені сполуки проявляють широкий спектр біологічних властивостей як-от антимікробна дія, протизапальна, противірусна дія. До флавоноїдів відносять: *flavones*, *flavonols*, *flavanones*, *flavanonols*, *chalcones*, *dihydrochalcones*, *isoflavones*, *isodihydroflavones*, *flavans*, *isoflavans* and *neoflavonoids* (Huang et al., 2014).

Прополіс багатий на такі мікро- та макроелементи: кальцій, магній, калій, натрій, залізо, цинк, марганець, алюміній, барій, стронцій та хлор. Вміст біоелементів у прополісі становить приблизно 0,6 %. В аргентинському прополісі виділено 8 мікроелементів (Br, Co, Cr, Fe, Rb, Sb, Sm, Zn) (Pobiega et al., 2017).

Результати досліджень показують, що один зразок прополісу може містити до 150 летких речовин (Tomaszewski et al., 2019; Greenaway et al., 1991).

Grubbs et al. (2015) відзначають, мікробні спільноти (мікробіоми) пов'язані майже з усіма метазоями, включаючи медоносну бджолу *Apis mellifera*. Різні продукти, які отримують у вуликах від медоносних бджіл можуть бути фізично відокремлені та мають різну харчову цінність. Науковці висунули гіпотезу, що в різних мікросередовищах колоній медоносних бджіл можуть існувати унікальні мікробні колонії. У дослідженні було використано гібрид метилового ефіру жирної кислоти (FAME) і жирної кислоти, отриманої з фосфоліпідів (PLFA), щоб отримати широкі профілі мікробної спільноти на основі ліпідів

у зразках пилку, дорослих особин, розплоду, меду, порожніх стільників та прополіс для 11 гнізд медоносних бджіл. Ліпідні біомаркери використовуються для ідентифікації та надання оцінки відносної чисельності конкретних груп мікробів у певній ніші. Цей підхід не залежить від упередженості культури та вимірює лише ліпіди з життєздатних клітин, оскільки PLFA швидко розкладаються після смерті клітин. Прополіс збирали за допомогою стамески, щоб зішкрябати його з внутрішньої частини вуликів. За результатами дослідження відзначається, що прополіс мав найвищу середню кількість унікальних ліпідів (значно більше, ніж у меді, розпліді і стільниках; P-значення відповідно $<0,0001$, $0,0002$ і $0,0002$), а мед мав найнижчу кількість (значно менше, ніж прополіс, дорослі особини, пилки і розплід; P-значення відповідно $<0,0001$, $<0,0001$, $0,0006$ і $0,0493$). Вважається, що пригнічення росту мікробів у меді відбувається через його високу осмолярність, кислотність і присутність антибіотичних сполук. Це може пояснити, чому науковці знайшли найменшу кількість мікробних індикаторів у меді. Навпаки, прополіс породив найбільшу кількість унікальних індикаторів і найрізноманітніший профіль спільнот мікроорганізмів, навіть враховуючи антибіотичні властивості захисних хімічних речовин у смолах дерев. Отже, прополіс має найбільш унікальну мікробну спільноту з дев'ятьма ліпідами, які значно відрізняються від усіх інших продуктів бджільництва.

Завдяки своїм антимікробним властивостям прополіс вважається відносно асептичним, але його здатність утримувати мікроорганізми раніше не досліджувалася, як стверджується Casalone et al. (2020). Однак, ще у липні 2016 року було досліджено зразки прополісу з пасіки Флорентійського університету (Італія). За результатами титри життєздатних бактерій у гомогенізованій суспензії становили $3,4 \times 10^3$ КУО/г прополісу через 2 дні та $8,2 \times 10^3$ КУО/г після 5 днів інкубації за 30°C . Титри термостійких спор із термічно обробленої аліквоти тієї ж гомогенізованої суспензії за той самий час інкубації становили $2,1 \times 10^2$ КУО/г і $3,9 \times 10^2$ КУО/г, що відповідає 6,2 % і 4,8 %

від життєздатних клітин відповідно. Шляхом мікроскопічного спостереження колоній, отриманих із посіву гомогенізованої суспензії, було ідентифіковано загалом 19 морфотипів та виділено штами кожного морфотипу. Було ідентифіковано 14 бактеріальних родів і 20 видів культивованих бактерій прополісу, які належать до трьох типів: *Proteobacteria*, *Firmicutes* і *Actinobacteria*. Майже всі ідентифіковані роди та види домінуючого класу *Dothideomycetes* є відомими патогенами рослин. Casalone et al. (2020). прийшли до висновку, що навіть у суворому середовищі прополіс містить різноманітні штами мікробів у різних фізіологічних станах, деякі з яких можна культивувати в стандартних лабораторних умовах. Більшість бактерій, знайдених у прополісі, належать до таксонів, які вже зустрічаються в інших компонентах вулика та продуктах бджільництва, і ймовірно походять із рослинних смол.

Sallemi et al. (2022) провели дослідження колоній грибів, культивованих з туніського прополісу та оцінили їхні антибактеріальні властивості щодо патогенних бактерій. Загалом 80 штамів грибів було виділено із зразків прополісу, отриманих із семи різних місць Тунісу. Більшість виділених грибів було віднесено до *Ascomycota* spp. (97,5 %), і лише 2,5 % відносилися до *Basidiomycota* spp. Отриманий перелік грибів містив 15 родів, серед яких *Coniochaeta* spp. (36,25 %), *Aspergillus* spp. (15 %), *Penicillium* spp. (13,75 %), *Cladosporium* spp. (10 %), *Fusarium* spp. (7,5 %), *Didymella* spp. (5 %) та *Alternaria* spp. (3,75 %) були найпоширенішими. Оцінка антибактеріальної активності показала, що 25,6 % усіх колоній грибів виявляли широкий спектр антибактеріальної активності. Зокрема штам *Penicillium griseofulvum* СС8 виявляв найсильніші інгібуючі ефекти щодо всіх бактерій. Науковці висунули гіпотезу, що антимікробна активність прополісу може бути зумовлена антибактеріальними сполуками, що виробляються пов'язаними з прополісом мікроорганізмами, особливо колоніями грибів, які можуть сприяти внутрішній захисній ролі прополісу проти паразитів і патогенів. Доведено, що терпини відносяться до летючих речовин, які містяться в прополісі біля 10 % від

загального відомого хімічного складу та надають прополісу характерного смоляного запаху. Наявність цих речовин поряд з антимікробною, антиоксидантною властивістю прополісу дають можливість на органолептичному рівні ідентифікувати якість прополісу або його підробки (Huang et al., 2014).

Основними складниками європейського прополісу джерелом якого є вид *Populus* spp. було встановлено, що всі фенольні сполуки, крім галлової і хлорогенової кислот, є катехіном і пінокембріном. Зразки прополісу з Словаччини показали найнижчі результати для галлової кислоти і слідів концентрації хлорогенової кислоти. Прополіс з Угорщини переважно містив піноцембрін і хризин, також описаних як хлорогенова кислота. Польський прополіс характеризувався п-кумаровою кислотою, 2-ацетил-1,3-ді-п-кумарілгліцерином і бензиловим ефіром п-кумарової кислоти разом з галангіном і хризином, як основних поліфенолів (Osés et al., 2020).

Загалом тополевий тип прополісу характеризується високою кількістю п-кумаринової (*p-coumaric*) та ферулової кислот (*ferulic acids*) у поєднанні з їхніми ефірами бензилу (*their benzyl*) та гліцерину. Серед його фенольних маркерів є 2-ацетил-1,3-ді-п-кумароїлгліцерин (*2-Acetyl-1,3-di-p-coumaroylglycerol*) та 1-ацетил-3-ферулоїлгліцерин (*1-acetyl-3-feruloyl glycerol*) гліцериди (Porova et al., 2021).

Встановлено, що показник липкості прополісу за вологості 4–4,5 %, розміру фракції 2,5 мм і температурі 5° С складає 0,352 кПа, водночас за розміру в 0,25 мм, такої ж температури і натиску рівень липкості складає 0,44 кПа. За умови збільшення температури до 25° С показник липкості фракції прополісу розміром 2,5 мм за такого ж показника натиску збільшується і становить 1,36 кПа, а фракції розміром 0,25 мм – 2,08 кПа. Відповідно фракції розміром 0,25 мм мають найбільший показник липкості, водночас за збільшення фракцій до 2,5 мм значення липкості зменшується. Найбільшу липкість до різного роду матеріалів проявляють частини прополісу які мають розмір 0,75 мм.

Прополіс джерелом якого є смоли роду рослин *Populus* sp. має такі фізико-хімічні властивості: за температури вище $+30^{\circ}\text{C}$ прополіс м'який; за температури $+15^{\circ}\text{C}$ і нижче – твердий і крихкий; густина $1,11\text{--}1,14\text{ кг/м}^3$; температура плавлення $80\text{--}105^{\circ}\text{C}$ (Bogdanov, Bankova, 2011).

Макашвили З. запропонував таку шкалу фізичних станів прополісу за кімнатної температури ($16\text{--}20^{\circ}\text{C}$): напіврідкий, лепкий, тягучий, в'язкий, пластичний, крихкий, розсипчастий, пухкий, ніздрюватий, твердий (Макашвили, 1977). Тихонов А., Сало Д. зазначають такі фізико-хімічні властивості прополісу: за температури $16\text{--}17^{\circ}\text{C}$ – крихкий, твердий; за температури $36\text{--}38^{\circ}\text{C}$ – м'який; температура плавлення $80\text{--}104^{\circ}\text{C}$; температура капання – $62\text{--}118^{\circ}\text{C}$. У залежності від кількості прополісу розчинність у спирті коливається від 40 до 70 % (Тихонов, Сало, 1977).

Прополіс має підвищену адгезію (прилипання), що залежить від температури, площі контакту прополісу із поверхнею, сили натиску та часу. Середнє значення роботи адгезії прополісу у контакті із сталлю складає $2,29\text{ Дж/м}^2$, водночас як зі склом – $2,96\text{ Дж/м}^2$. Випробування проводились за кімнатної температури 24°C із заданою силою навантаження 5 мН та без затримки між часом контакту та часом відриву. Робота адгезії прополісу за контакту із склом (еталон), збільшення часу контакту до 60 с , температури 24°C та сили навантаження 5 мН збільшується з $2,96\text{ Дж/м}^2$ до $6,72\text{ Дж/м}^2$. Радіус контакту за максимального навантаження складає $36,06\pm 17,14\text{ мкм}$. Зразки прополісу, що досліджувались були отримані у пасічників з Німеччини (Штутгарт). Густина прополісу складала $0,953\pm 0,001\text{ г/см}^3$ ($N=3$). Для характеристики процесу випаровування летких компонентів з часом вимірювали масу зразків прополісу. У середньому зразки втрачали масу $0,9\pm 0,3\%$ ($N=3$) протягом семи годин за кімнатної температури 24°C (Saccardi et al., 2021).

Застосування передових технологій омікс (omics) у галузі харчових наук, зокрема у дослідженні продуктів бджільництва, відкриває нові можливості у комплексній оцінці автентичності, якості, безпеки, біоактивності

та простежуваності продуктів. Такий підхід зробив визначення автентичності бджолиного продукту набагато простішим, швидшим та надійнішим у порівнянні з традиційними (Kafantaris et al., 2021).

Дослідження проведені в Туреччині вченим Golnar Matin, Navid Kargar, Hasan Baha Buyukisik показали, що прополіс є продуктом який найбільше серед інших продуктів бджільництва накопичує в собі важкі метали. Вчені вважають, що накопичення важких металів у прополісі спричинене хімічним складом прополісу в якому містяться фенольні сполуки і це сприяє поглинанню важких металів з навколишнього середовища, а також його фізичними властивостями які виражені надмірною адгезією. Також важливим чинником є здатність рослини, як джерела прополісу, накопичувати в собі ті чи інші важкі метали (Matin et al., 2016).

Існує думка, що оскільки в зразках прополісу які досліджувались у Бразилії виявлено мінерали Cu, K, As, Cd, Pb, Se то зразки прополісу зібраного безпосередньо з вулика можуть бути індикаторами забрудненості навколишнього середовища (Hodel et al., 2020).

Незважаючи на те, що рослини котрі слугують джерелом прополісу не підлягають обробітці агрохімікатами та пестицидами контамінація прополісу засобами захисту рослин має місце та впливає на якість прополісу. За результатами дослідження різних продуктів вироблених з прополісу у Іспанії, Португалії, Бельгії, Англії, США та Чилі було виявлено сім акарицидів, фунгіцидів та гербіцидів, а триадимефон був присутній у 65 % зразків (González-Martín et al., 2018).

Зразки прополісу отриманого з Чехії, Болгарії, Словенії, Сербії, Італії, Греції, Канади були досліджені на вміст залишків агрохімікатів та пестицидів. У семи зразках із тридцяти досліджуваних виявлено наявність ацетаміприду, імідаклоприду та тіаклоприду (Tomšič et al., 2020).

Незважаючи на те, що такий агрохімікат (інсектицид) як ДДТ (дихлордифенілтрихлорметилметан) не застосовується у сільському господарстві

більшості країн світу, науковцями Mititelu et al. (2022) досліджено 144 зразки меду, прополісу і ґрунту зібраного із різних районів Румунії. За результатами дослідження встановлено, що у прополісі із промислових районів концентрація важких металів були: $0,080 \pm 0,006$ мг/кг Cd, $3,203 \pm 0,052$ мг/кг Cu, $4,195 \pm 0,067$ мг/кг Zn, $2,344 \pm 0,006$ мг/кг Cr, $0,651 \pm 0,063$ мг/кг Pb, $1,146 \pm 0,061$ мг/кг Zn і $2,184 \pm 0,067$ мг/кг Mn. Вміст пестицидів у прополісі із промислової зони у загальному становив ДДТ ($0,0867$ мг/кг), що у 1,7 рази перевищувала гранично допустиму для харчових продуктів відповідно до Регламенту Комісії (ЄС) № 396/2005 (Mititelu et al., 2022).

Переважно, у продуктах харчування допускається не більше $0,05$ мг/кг залишків пестицидів (Murcia-Morales et al., 2022). Водночас для заборонених хлорорганічних речовин цей показник становить не більше $0,01$ мг/кг. А для більшості сільськогосподарських органофосфатів, карбаматів і піретроїдів показник допустимих залишків перебувають у діапазоні $0,01$ – $0,05$ мг/кг (кумафос, хлорфенвінфос, боскалід) (Regulation (EC) No 396/2005).

Перехід важких металів (Ni, Cr, Hg, Cd, Pb та Sn) із прополісу у екстракт прополісу отриманого у Бразилії досліджено de Oliveira Orsi et al. (2018). Результатами дослідження доведено, що рівень концентрації металів у зразках прополісу значно вищий ніж у екстрактів прополісу. Науковці відзначають, що рівень зниження концентрації металів коливається від 24,24 до 100 %. Зменшення концентрації металів у етилових екстрактах прополісу з Бразилії зумовлено, на думку дослідників, його залишками у нерозчинному осаді і його вилученні (de Oliveira Orsi et al., 2018).

Науковцями Simsek et al. (2021) досліджено мед та прополіс отриманий у Туреччині на вміст органічних забруднювачів хлорорганічних пестицидів (*organochlorine pesticides*), поліхлорованих біфенілів (*polychlorinated biphenyls*), полібромованих дифенілових ефірів (*polybrominated diphenyl ethers*) та поліциклічних ароматичних вуглеводнів (*polycyclic aromatic hydrocarbons*). За результатами дослідження встановлено, що зразки меду забруднені тільки

поліциклічними ароматичними вуглеводнями (*polycyclic aromatic hydrocarbons*), водночас як зразки прополісу містили усі зазначені забруднювачі (Simsek et al., 2021).

Загибелі бджіл останніми роками викликає занепокоєння щодо наявності пестицидів у прополісі, який вважається безпечним продуктом. Вивчення впливу різноманітних забруднюючих речовин у прополісі є важливим напрямком досліджень, що стосуються здоров'я людини та бджіл. За результатами дослідження Blažková et al. (2022) відзначається, що залишки пестицидів не були виявлені у зразках медових цукерок, але зразки з прополісу показали присутність кумафосу та хлорпірифосу, які були виявлені в менших кількостях, оскільки вони не використовуються в бджільництві. Однак кумафос, акарицид, які широко використовуються для захисту бджіл від *Varroa destructor*, були присутні у вищих концентраціях (Blažková et al., 2022).

Зразки прополісу з Аргентини, зібрані з використанням сіток та традиційних методів очищення отворів між корпусами, досліджено Sales et al. (2006) на вміст свинцю. Прополіс зібраний із використанням сіток містив середній показник свинцю на рівні 2 мг/кг, водночас як зразки прополісу зібраного традиційним методом очищення елементів вулика – 8 мг/кг.

De Ayala et al. (2019) відзначає, що використання колекторів та способів збору «Propolizador Inteligente», «de Propóleo Pirassununga», «Cuadros Colectores de Propóleo», «Marco Colector de Propóleo», «Método Propolizador Campechano» мають ряд недоліків, що впливають на якість прополісу. Серед основних автори відзначають: відкритість колекторів і потрапляння пилу у прополіс; прополіс, що накопичується у колекторах не захищених від сонячних променів та може оплавитись від температури.

Очищення елементів вулика, як спосіб отримання прополісу окрім його механічного забруднення супроводжується збільшенням вмісту воску у зібраному продукті. Окрім того віск, що може бути забруднений пестицидами та агрохімікатами додатково контамінує отриманий прополіс так (Perugini, et al.,

2018; Wilmart et al., 2021; Murcia-Morales et al., 2021). Örsi-P'al (1957) було доведено, що медоносні бджоли розчиняють та переносять наявний у гнізді прополіс та віск у необхідні їм місця в середині вулика. Це, на нашу думку, може спричиняти додаткову контамінацію прополісу, що збирається для комерційних потреб.

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 посушливим кліматом, а також для отримання монофлорних типів прополісу практикується кочівля до рослинних джерел (Breyer et al., 2015; Abou-Shaara & Eid, 2019). На нашу думку, такий підхід може бути застосований і в Україні для покращення якості прополісу через віддалення пасік від техногенно несприятливих зон для збору прополісу покращеної якості.

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).

Склад прополісу, зокрема залежить від факторів навколишнього середовища та способів його збору. Досліджуючи зразки прополісу в Італії, встановлено такі показники вмісту воску та бальзамів, відповідно: зразки отримані шляхом зскрібання – 235 мг/г, 565 мг/г; зразки отримані способом вставляння роздільних клинів 3–5 мм між кришкою і корпусом – 150 мг/г, 633 мг/г; зразки отримані з використанням пластикових решіток – 235 мг/г, 601 мг/г (Papotti et al., 2012).

Унаслідок дослідження зразків прополісу зібраного в Бразилії виявлено, що через 15 років їх зберігання у замороженому стані склад зразків не змінився

за виключенням деяких компонентів. Вчені прийшли до висновку, що строк зберігання не впливає на антимікробні властивості (Conti et al., 2015).

Зберігання прополісу протягом 7 років не впливає на вміст кислих і ненасичених сполук у зразках прополісу. Зберігання препаратів прополісу при різних температурних режимах +4 °C та +23 °C також не впливає на його фізико-хімічні показники і антимікробну активність.

Встановлено, що активність β -глюкозидази в прополісі залежить від терміну його зберігання за кімнатної температури. Існує думка, що рівень активності β -глюкозидази може розглядатись як показник свіжості прополісу за умови його зберігання за кімнатної температури (Zhang et al., 2011).

У Бразилії досліджено мінеральний склад прополісу у розрізі сезонних змін мінерального складу (Mg, Zn, Fe, Na, Ca, Cu та K) та п'яти способів збору. За результатами дослідження доведено, що сезони збору прополісу та способи можуть впливати на його мінеральний склад. Спосіб збору прополісу впливає на концентрацію макромінералів Ca та Mg і мікромінералів Zn і Fe. Сезонність збору впливає на концентрацію макромінерального складу Ca, Mg і Na та мікромінералів Fe, Cu (Souza et al., 2016).

Прополіс є хорошим антиоксидантом, що уповільнює окислення ліпідів – однієї із основних причин псування харчових продуктів підчас їх зберігання. Антиоксидантна активність зумовлює пролонгацію терміну зберігання харчових продуктів та їх стабільність, що робить прополіс корисним для харчової промисловості (Nichitoi et al., 2021; Maroof et al., 2020).

Збільшення споживання продукції бджільництва та ріст економіки і економічної спроможності населення у протипагу не швидкому зростанню обсягів виробництва продукції бджільництва на думку Wang et al. (2021) є одною із причин фальсифікації продукції бджільництва, зокрема прополісу.

Фальсифікація прополісу тополевого типу переважно здійснюється через заміну його екстрактами бруньок тополі (*Populus* spp.). Науковці (Huang et al., 2014) провели порівняльне дослідження зразків прополісу зібраного у Китаї

та екстрактів бруньок тополі на предмет ідентичності хімічного складу. За результатами дослідження встановлено, що у всіх досліджуваних зразках екстрактів бруньок тополі присутній Катехол (*Catechol*). У досліджуваних зразках прополісу не виявлено Катехол (*Catechol*). Науковці прийшли до висновку, що Катехол (*Catechol*) ймовірно окислюється поліфенолоксидазою (*Polyphenol Oxidase*) підчас переробки медоносними бджолами рослинних смол і тому відсутній у прополісі. Отже, Катехол (*Catechol*) може слугувати речовиною маркером у дослідженні прополісу на предмет фальсифікації екстрактами бруньок тополі (Huang et al., 2014). Sun et al. (2019) відзначають, що незважаючи на те, що склад китайського прополісу та бразильського зеленого прополісу може відрізнятися, що забезпечує унікальну перевагу з точки зору їхньої індивідуальної біологічної активності, ці два зразки також мають значну схожість у своїх загальних хімічних складових. Як китайський прополіс, так і бразильський зелений прополіс містять флавоноїди та поліфенольні сполуки з сильною антиоксидантною дією. Варто відзначити, що артепілін С у бразильському зеленому прополісі має сильну здатність поглинати вільні радикали, а отже, має дуже сильний антиоксидантний ефект. Належна ідентифікація може сприяти унеможливленню підміни одних типів прополісу іншими.

Hu et al. (2022) за результатами досліджень запропонували дві речовини 9-охо-ODE та 9-охо-ODA, як маркери, що відрізняють тополевий тип прополісу від екстрактів бруньок тополі. Підчас досліджень встановлено, що у 57-ми зразках прополісу коефіцієнт співвідношення згаданих сполук до пінобанкіну був меншим за 0,7, водночас у екстрактах бруньок тополі значення було вище. Такий підхід, на думку дослідників, відкриває нові можливості у ідентифікації автентичності прополісу (Hu et al., 2022). Пошук речовин маркетів важливий оскільки експорт прополісу сирцю через можливе зараження різними паразитами заборонений у багатьох країнах. Відповідно експорт екстрактів або мікрокапсульвованого прополісу має бути перевірений на автентичність через

наявність речовин маркерів. Тривале застосування ветеринарного препарату тимолу може призвести до наявності його залишків у прополісі (Miguel et al., 2013). Такий органолептичний показник прополісу, як запах зберігається тривалий час та є майже незмінним. Порівняння зразків прополісу зібраного протягом трьох років показало наявність 48 різниці одорантів у їх складі, водночас 40 з них стабільно присутні у всіх зразках. Запах прополісу можливо змоделювати сумішшю 22 ароматизаторів за поєднання їх у відповідних концентраціях (Tomaszewski et al., 2019).

1.4. Використання прополісу у харчових технологіях

Обмеження застосування прополісу у харчовій промисловості переважно спричинені його специфічними органолептичними властивостями. Bordin et al. (2021) проведено дослідження сприйняття споживачами антиоксидантів природного кольору в продуктах харчування за допомогою проективного споживчого методу Word Association. До трьох категорій харчових продуктів (хліб, йогурт та паштет) додано екстракти морінги (*Moringa oleifera* Lam), прополісу та червоних вижимок винограду. Результати показали, що незнайомий колір у харчових продуктах із додаванням антиоксидантів природного кольору не мав сильного впливу на сприйняття споживачами зовнішнього вигляду. Усвідомлення наявності природних антиоксидантів позитивно вплинуло на усвідомлення та сприйняття споживачами продуктів. Відзначається, що в основному споживачі звертали увагу на неприємний присмак який надає екстракт прополісу у продуктах (Bordin et al., 2021).

Крім цього для екстракції прополісу переважно використовують етиловий спирт, що унеможливує використання його у виготовленні багатьох харчових продуктів, зокрема через релігійні віросповідання. Для подолання різкого запаху, терпкого смаку прополісу і використання його у харчових технологіях без негативного впливу на сенсорні характеристики харчових продуктів вдаються

до мікрокапсуляції з використанням різних методів (Maroof et al., 2020; Pant et al., 2021; do Nascimento et al., 2021).

Irigoití et al. (2021) запропоновано новий спосіб мікрокапсуляції прополісу шляхом співкристалізації, як простий та не дорогий спосіб отримання прополісного порошку без впливу на його функціональні властивості. Етиловий екстракт прополісу з Аргентини спільно кристалізували у матриці сахарози для видалення алкоголю та отримання порошку прополісу з відповідними технологічними властивостями та високою антиоксидантною активністю для використання як харчового інгредієнта. Вміст флавоноїдів у отриманих порошках прополісу перевищував 84 % і поліфенолів – 78 %. Отримані порошки прополісу можуть використовуватись, на думку дослідників, як харчові інгредієнти (Irigoití et al., 2021).

Мікрокапсуляція екстрактів прополісу методом випарювання розчинника подвійної емульсії надає перспективний та здійснений підхід мікрокапсуляції та полімерних носіїв для застосування мікрочастинок із екстрактами прополісу у функціональних матрицях, таких як харчові продукти. Науковці Paulo et al. (2021) провели дослідження мікрокапсулювання прополісу у ліпофільному полімерному носії – етилцелюлоза, полікапролактон та полі (d,l-лактид-когліколева кислота) – у трьох різних співвідношеннях полімер – екстракт прополісу – 1/4, 1/2 і 3/4 – методом випарювання розчинника подвійною емульсією. Дослідники відзначають хороші результати, оскільки ефективність інкапсуляції фенольних сполук була вище 98,0 % (Paulo et al., 2021). Shakoury et al. (2022) вивчали можливість інкапсуляції екстракту прополісу в наночастинках сироваткового білка (WPN) для підвищення функціональності та фізико-хімічних характеристик білка. Три різні комплекси з 1,0 %, 2,5 % і 4,0% екстракту прополісу (г прополісу/100 г білка), включаючи наночастинки сироваткового білка, були отримані за значень рН 3,2 і 7,5. Флуоресцентна спектроскопія виявила, що комплекси прополіс-WPN утворювалися переважно за рахунок гідрофобних взаємодій. Виявлено, що композиції 4,0 % (рН 3,2)

і 4,0 % (рН 7,5) мають найбільш прийнятні характеристики для подальшого використання в різних харчових цілях.

Мікропластик є новим забруднювачем у природньому середовищі. Дослідження перенесення мікропластику медоносними бджолами були проведені у Німеччині. Проведені дослідження показали присутність мікропластику на тілі відібраних зразків медоносних бджіл. Переважно у вигляді фрагментів (52 %) та волокон (38 %) із середнім еквівалентним діаметром 64 ± 39 мкм для волокон і 234 ± 156 мкм для фрагментів (Edo et al., 2021). Присутність пластику на тілі бджоли може, на нашу думку, стати джерелом контамінації продуктів бджільництва, зокрема прополісу з погіршенням його якості.

Загалом прополіс прийнято вважати безпечним та не токсичним інгредієнтом у харчових продуктах. Однак споживачі та виробники повинні враховувати те, що у складі прополісу є ефіри кавової кислоти, такі як геранілова кофейнова кислота, що може викликати чутливість до продукту (Gümüş, Kızıllı, 2022).

Науковцями Alsayed et al. (2020) проведено дослідження впливу етилового та водного екстракту прополісу зібраного у Королівстві Саудівська Аравія (Аль-Суда, Абха) на харчові дріжджі *Cryptococcus laurentii* і *Candida famata* з метою використання їх як біологічної стратегії для збереження харчових продуктів від мікробного псування. Дослідження показало здатність вказаних екстрактів перешкоджати росту досліджуваних дріжджів. Найбільший ефект зареєстровано проти *C. laurentii* і найнижчим ефект проявився на *C. famata* (Alsayed et al., 2020).

Прополіс зібраний в Аргентині з *Zuccagnia punctata* Cav. проявляє активність проти фітопатогенних бактерій *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas corrugata*, *Xanthomonas campestris* та *Erwinia carotovora*, як відзначають науковці Zampini et al. (2021).

Термін придатності продуктів харчування у ланцюгу виробник-споживач за сучасних умов виробництва є важливим та впливає на рентабельність виробництва та реалізації продуктів харчування. Для пролонгації терміну придатності продуктів використовують консерванти.

Gutiérrez-Cortés & Suarez Mahecha (2014) провели дослідження щодо використання прополісу, як замітника традиційного консерванту нітриту натрію у виробництві ковбас. Науковці довели, що прополіс у складі ковбас проявив аналогічну антиоксидантну дію як і нітрит натрію. Фізико-хімічні та сенсорні характеристики продукту з вмістом прополісу не відрізняються від ковбаси, що містять нітриту. Відзначається, що для економічної ефективності варто замінювати штучні консерванти на природні, водночас слід звернути увагу на виробництво прополісу з позиції зменшення собівартості (Gutiérrez-Cortés & Suarez Mahecha, 2014).

Зберігання свіжого м'яса риби вимагає використання різних систем консервування. Свіже м'ясо риби має короткий термін зберігання через швидкий розвиток бактерій. Для того, щоб дослідити вплив етилового екстракту прополісу на філе риби Червоний паку (*Piaractus brachipomus* Cuvier) підготовлено та застосовано етилові екстракти у концентрації 0,8 % і 1,2 % для дослідних груп та рідкий дим і етиловий спирт (96 %) для контрольних груп продуктів. За результатами дослідження науковці Suárez Mahecha et al. (2014) прийшли до висновку, що етиловий екстракт прополісу у концентрації 1,2 % може бути варіантом консервування охолодженого філе риби як альтернатива використанню хімічних консервантів (Suárez Mahecha et al., 2014).

López-Patiño et al. (2021) проведено дослідження з маскування специфічних властивостей прополісу шляхом змішування етилового екстракту прополісу отриманого з Іспанії та медвяної роси (падевий мед) з подальшим обробленням філе яловичини. За результатами дослідження використання екстракту прополісу у поєднанні з медвяною росою показало антиоксидантну та антибактеріальну дію після застосування до філе яловичини. Процес окислення та ріст ентеробактерій і загальний ріст аеробних мезофілів затримувався, спостерігалась відсутність негативного впливу на фізико-хімічні якості м'яса (López-Patiño et al., 2021).

Перспективи застосування прополісу у виготовленні ферментованих молочних продуктів досліджено Gunes-Bayir et al. (2021). У приготуванні дослідних груп пробіотичних йогуртів використано прополіс придбаний у Туреччині, а додатковим інгредієнтом застосовано корицю. Науковці відзначають, що за результатами їх дослідження йогурти з вищою концентрацією кориці (2,5 %) і прополісу (0,03 %) показала найнижчу кислотність титрування і найвищу рН. Присутність прополісу у ферментованих молочних продуктах призвело до зворотного впливу на *Streptococcus thermophilus* шляхом підвищення кількості їх колоній у йогуртах (Gunes-Bayir et al., 2021).

Дослідження впливу як консерванта та привабливого природнього інгредієнта у формі водного та етилового екстракту прополісу з Єгипту за використання у рецептурі сиру карейш проведено El-Deeb та Omar (2017). Одержаними результатами підтверджено, що додавання 6 і 10 % водних екстрактів прополісу до сиру карейш можна рекомендувати, як природні та безпечні джерела фенольних сполук, вискоєфективних та антимікробних засобів під час зберігання сиру (El-Deeb & Omar, 2017).

Оксид цинку (ZnO) використовується у харчовій промисловості для покриття поверхонь і поглинання УФ-променів. Наночастинки оксиду цинку (ZnO-NP) загалом вважаються безпечними (GRAS) та завдяки своїм антимікробним властивостям у нанорозмірі можуть бути перспективним хімікатом для дезактивації. Науковці Т. О. Kevenk, Z. Aras (2022) дослідили антимікробну активність розмаринової кислоти та прополісу, приготовлених у різних концентраціях разом із ZnO-NP. Для цього обрано шість провідних харчових патогенів і закваску. Згідно із їх результатами, прополіс і ZnO-NP показали хороші результати у поєднанні один з одним. Крім того виявлено, що нижчі концентрації розмаринової кислоти також викликають ефект дезактивації ZnO-NP. Незважаючи на те, що антимікробний ефект ZnO-NP за їх окремого застосування був меншим, ніж за комбінованого застосування, він все ж був визнаний достатнім (Kevenk & Aras, 2022).

Заміна штучних консервантів у негазованих напоях природніми компонентами є актуальною проблемою сьогодні. Науковці Vasilaki et al. (2019) провели дослідження, щодо заміни консерванту сорбату калію у безалкогольних негазованих апельсинових напоях. У досліді використовували водний екстракт прополісу, як консервант. Порівняння проводили з контрольною групою де додавали штучний консервант сорбату калію. Безалкогольний напій, що містив екстракт прополісу, показав більш високу антиоксидантну активність і загальний вміст фенолів у порівнянні з напоями, що містили сорбат калію. Апельсиновий напій з екстрактом прополісу є біоактивним продуктом, який має здатність зберігатися в широкому діапазоні температур до 120 днів без якісного та мікробіологічного погіршення (Vasilaki et al., 2019).

Використання прополісу як інгібітора окислення ліпідів у хлібобулочних виробках та збереження його біологічноактивних сполук досліджено науковцями Rodrigues et al. (2020). У рецептурі приготування традиційного бразильського крохмального печива використовували мікрокапсульований прополіс з мальтодекстрином та ліофілізований прополіс. Застосування природних антиоксидантів мікрокапсульованого прополісу з мальтодекстрином та ліофілізованого прополісу продемонструвало позитивний ефект на вміст жирних кислот. Спостерігалось зниження вмісту малонового діальдегіду за додавання обох прополісних екстрактів у продукт. Науковці відзначають сильний потенціал прополісу, як інгредієнта в рецептурах харчових продуктів для запобігання окислення ліпідів у крохмальному печиві (Rodrigues et al., 2020).

Упаковка відіграє важливу роль у пролонгації терміну придатності продуктів харчування. У дослідженні проведеному Vargas Romero et al. (2021) оцінювали ефективність плівок активного лінійного поліетилену низької щільності покритих нетканим матеріалом з полікапролактону/хітозану та плівок покритих нетканим матеріалом з полікапролактону/хітозану, збагаченого екстрактом колумбійського прополісу. Активні плівки оцінювали щодо впливу на збереження свіжих відбивних із свинячої корейки під час зберігання

в холодильнику за 4° С протягом 20 днів. Встановлено (Vargas Romero et al., 2021), що плівки із вмістом прополісу забезпечують антиоксидантні та антимікробні властивості, покращення стабільність кольору м'яса, відсутність відмінностей в окисленні ліпідів та затримку на 4 дні початок росту бактерій.

Плівки хітозану з додаванням екстракту прополісу є перспективним матеріалом для упаковки харчових продуктів, зокрема харчових продуктів, що містять пробіотичні мікроорганізми. Науковці Stanicka et al. (2021) виготовили плівки з трьох видів хітозану: з панцирів крабів, середньої та високої молекулярної маси та етилової концентрації прополісу (Польща) у межах 0,75–5,0 %. За результатами досліджень науковці (Stanicka et al., 2021) прийшли до висновку, що хітозанові плівки з додаванням екстракту прополісу є перспективними матеріалами для упаковки харчових продуктів. Плівки з хітозаном високої молекулярної маси з екстрактом прополісу (особливо в концентрації 5,0 %) мають найбільший потенціал для використання в харчовому пакуванні.

Перспективи застосування їстівних покриттів у формі плівок на основі желатину, що містять етиловий екстракт прополісу зібраного в Аргентині були досліджені, щодо продовження терміну придатності свіжої малини (*Rubus idaeus* L.) за умови її зберігання за температури 5° С. Плівки оцінювали з точки зору їх оптичних, морфологічних, механічних та водонепроникних властивостей. Окрім цього також було оцінено протигрибкова активність плівок проти *Penicillium digitatum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium italicum*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus carbonarius* та *Botrytis cinerea*. Moreno et al. (2020) відзначають хороший протигрибковий ефект плівок з екстрактом прополісу проти основних патогенів плодів.

Функціональна інтелектуальна упаковка харчових продуктів є новим трендом на ринку пакувальних матеріалів (Han et al., 2018). Продукти у яких термін придатності є досить коротким несуть ризик харчових отруєнь, недобросовісних дій продавців з маніпуляціями відносно термінів придатності

зазначених на упаковці та збільшення відходів для утилізації через закінчений термін придатності. Roy та Rhim (2020) досліджено інтелектуальну плівку зміна кольору якої індикує ступінь свіжості молока. Для дослідження було виготовлено плівку у складі якої використано шиконін, витягнутий з кушців (*Lithospermum erythrorhizon*), желатин, карагенан, екстракт прополісу з Кореї. За результатами досліджень науковці прийшли до висновку, що плівки добре реагують зміною кольору у діапазоні рН 2–12. Плівки мали хороші показники антимікробної активності і високу антиоксидантну активність. Інтелектуальна плівка була успішно використана для контролю свіжості фасованого молока (Roy, Rhim, 2020).

Опосередкований вплив прополісу з метою покращення якості інгредієнтів харчових продуктів має не менш важливе значення ніж безпосереднє додавання прополісу у склад продуктів харчування.

Науковцями із Хорватії проведено дослідження впливу додавання прополісу та бджолиного обніжжя до корму під час вирощування курчат. У досліді формували корм у концентраціях з прополісом 0,5 г/кг, 1 г/кг, з прополісом 0,25 г/кг та бджолиним обніжжям 20 г/кг, бджолиним обніжжям 20 г/кг. За результатами дослідження встановлено, що туші курей із дослідних груп, котрим давали корм із добавками, були більші за вагою у порівнянні з контрольною групою. Доведено, що прополіс, як добавка до корму курчат, має вагомий вплив на якість м'яса, водночас бджолине обніжжя впливає на колір м'яса та колір шкіри. Це доводить можливість покращення якості курячого м'яса з використанням природніх інгредієнтів (Prakatur et al., 2020).

Дослідження впливу додавання прополісу у раціон курей несучок (Ну-line) на якість яєць та продуктивність птиці досліджено Casagrande et al. (2021). Науковці відзначають, що додавання до раціону курей прополісу придбаного у регіоні Бразилії (Santa Catarina, Brazil) не вплинуло на яєчну продуктивність. Водночас спостерігалось зниження об'ємів споживання корму. Додавання зеленого прополісу до раціону птахів-несучок виявилось ефективним для

зменшення бактеріального забруднення яєчної шкаралупи та перекисного окислення ліпідів у свіжих і збережених яйцях.

Farag et al. (2021) здійснили оцінку дії прополісу та перспективи його використання як антимікробної, антиоксидантної, імуномодулюючої, антисептичної, протипаразитарної, протизапальної та харчової добавки в аквакультурному виробництві. За результатами дослідження науковці прийшли до висновку, що прополіс має потенціал для покращення стану здоров'я риби та її імунітету, у такий спосіб підвищуючи зростання продуктивності аквакультурного виробництва і забезпечення споживачів продуктами харчування.

Патогени харчового походження становлять серйозну небезпеку для здоров'я населення. Pobiega et al. (2019) проведено дослідження антибактеріальної, протигрибкової активності щодо мікроорганізмів *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Enteritidis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter aerogenes* прополісу зібраного з пасік п'яти екологічно чистих регіонів Польщі. Усі екстракти прополісу пригнічували ріст усіх досліджуваних штамів лише у концентраціях 16 та 32 мг/мл. Протигрибкова активність досліджувалась щодо *Rhodotorula mucilaginosa*, *Candida albicans*, *Candida krusei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Colletotrichum gloeosporoides*, *Alternaria solani*, *Fusarium solani*, *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium cladosporoides*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Mucor mucedo*, *Penicillium expansum*, *Penicillium chrysogenum*. Досліджувані штами грибів інгібували екстракти прополісу лише в концентрації 32 мг/мл. За результатами досліджень науковці прийшли до висновку, що прополіс зібраний у Польщі може застосовуватись для захисту харчових продуктів від мікробіологічного псування (Pobiega et al., 2019).

Алергія на харчові продукти реакція та компоненти харчових продуктів є перепорою у їх доступності для споживання людиною (Renz et al., 2018).

Aldemir et al. 2018 було досліджено можливість зниження алергічності прополісу шляхом його біотрансформації із застосуванням штамів бактерій *Lactobacillus plantarum* (10, 8014, ATCC). За результатами дослідження відзначається, що отримано біопродукт з високим вмістом фенолів і низьким алергічним ефектом (Aldemir et al., 2018; Yıldırım et al., 2018).

Пошук нових розчинників зокрема і для прополісу може сприяти розробці нових рецептур харчових продуктів. Petkov et al. (2022) відзначають, що природні глибокі евтектичні розчинники (NADES) були розроблені з метою заміни традиційних летких і токсичних органічних розчинників для вилучення біологічно активних речовин із природних джерел. Науковцями проведено оцінку антиоксидантної активності екстрактів двох лікарських рослин: подорожника великого (*Plantago major*) та подорожника сардського (*Sideritis scardica*), та прополісу з 10 різними NADES. Отримані результати підтверджують, що екстракти лікарських рослин та прополісу NADES мають хороший антиоксидантний потенціал, що дозволяє отримувати природні антиоксиданти без застосування органічних розчинників. Через біосумісність і низьку токсичність NADES перспективною є можливість застосування цих екстрактів безпосередньо в харчових добавках. Funari et al. (2019) досліджували альтернативні розчинники для екстракції зеленого прополісу, включаючи його біомаркер артепілін С. Шістнадцять NADES виготовлені з низькотоксичних хімічних речовин, включаючи незамінну амінокислоту L-лізин, досліджено разом з дванадцятьма окремими компонентами NADES і медом, які показали схожі фізико-хімічні властивості з NADES. За 50° C NADES, виготовлений із холінхлориду-пропіленгліколю або молочної кислоти, виявився рівним або кращим, ніж розчин еталон EtOH:вода 7:3 (об./об.). Водний L-лізин виявився, як потенційний розчинник для приготування водних екстрактів прополісу. Науковці прийшли до висновків, що NADES, мед і водний L-лізин розчин продемонстрували потенціал заміни етилового спирту або води для екстракції зеленого прополісу.

Afif et al. (2021) здійснено моделювання побудови виробничих потужностей з виробництва бісквіту із вмістом прополісу. Результатами дослідження встановлено, що окупність виробничих потужностей з виробництва бісквітного печива з прополісом складає 6 р.

Прополіс є перспективним інгредієнтом природного походження для харчових продуктів. Водночас відсутність технологій для його отримання направлені на мінімізацію собівартості роблять цей інгредієнт менш економічно вигідним для виробників, а ніж штучні консерванти. Це впливає на рішення щодо його застосування у харчовій промисловості. Використання прополісу як сировини для цілей, що не передбачає контакту з продуктами, потребує перегляду підходів, щодо класифікації прополісу на харчовий та технічний у відповідних нормативних актах.

Використання прополісу, як сировини у харчовій промисловості, насамперед пов'язане із його протимікробними властивостями. За повідомленнями багатьох авторів, прополіс протидіє патогенним бактеріям, грибкам, дріжджам та вірусам (зокрема коронавірусам) (Ferreira de Brito et al., 2022; Zuhlendri et al., 2021; Ali et al., 2021; Burgut, 2020).

Вчені вбачають сенс у подальшому дослідженні методами та технологіями фудоміки (табл. 1.1). Фудоміка – це новий напрям досліджень у харчовій науці, який застосовує передові технології Omics для оцінки відповідних аспектів, пов'язаних з їжею та харчуванням, з кінцевою метою покращення здоров'я та благополуччя людини.

Фудоміка поєднує підходи харчової хімії, біологічних наук і біоінформатики та впроваджує чотири основні типи високопродуктивних технологій, таких як геноміка, транскриптоміка, протеоміка та метаболоміка. Хімічно один тип прополісу складається з більш ніж 300 різних сполук, включаючи поліфеноли, фенольні альдегіди та кетони (Kafantaris et al., 2021).

Технології Omics, застосовані в дослідженні прополісу

(Kafantaris et al., 2021)

Прополіс	Omics технологія	Застосування	Переваги/недоліки
Транскриптоміка (Transcriptomics)	Мікроматриця (microarrays)	Біоактивність, диференціальний аналіз експресії генів	Мікроматриці (низька вартість, чітко визначені протоколи для гібридизації/обмежений динамічний діапазон)
Протеоміка (Proteomics)	2D-PAGE та LC-MS, HPLC-PDA-ESI-MS, LC-ESI-QTOF-MS, HPLC-GC-MS, HPLC-DAD-MS, 1-D SDS-PAGE та NMR	Ідентифікація та кількісна оцінка білків, хімічний профіль, географічне та ботанічне походження, контроль якості, біоактивність	NMR (відтворюваність, точність/значна вартість обладнання), MS (висока чутливість, якісні можливості/вартість), 2D-PAGE (більше інформації/потрібно багато часу, не автоматизовано, дорого)
Метаболоміка (Metabolomics)	HPLC-DAD-MS/MS, LC-MS, NMR	Географічне та ботанічне походження, біоактивність	MS (висока чутливість, якісні можливості/вартість), NMR (відтворюваність, малі об'єми зразків, точний/дорогий прилад)
Метагеноміка (Metagenomics)	Платформа Illumina Miseq NGS	Ідентифікація, кількісна оцінка та різноманітність мікробних колоній	Illumina Miseq NGS (просто, масштабоване, високопродуктивне/дорого обладнання)

Примітка. 2D-PAGE – двовимірний електрофорез поліакриламідного гелю; LC-MS – рідинна хроматографія-мас-спектрометрія; HPLC-PDA-ESI-MS – високоефективна рідинна хроматографія-матриця фотодіодів-електророзпилювальна іонізаційна мас-спектрометрія; LC-ESI-QTOF-MS – рідинна хроматографія-електророзпилювальна іонізація-квадрупольний час польоту- мас-спектрометрія; HPLC-GC-MS – високоефективна рідинна хроматографія-газова хроматографія-мас-спектрометрія; HPLC-DAD-MS – високоефективна рідинна хроматографія-діодна матриця детектування-мас-спектрометрія; 1-D SDS-PAGE – одновимірний натрій електрофорез у додецилсульфат-поліакриламідному гелі; NMR – ядерний магнітний резонанс; NGS – секвенування наступного покоління

Консерванти відіграють важливу роль у продовженні терміну придатності харчових продуктів. Як відзначають науковці (Gomes et al., 2021) попит на природні протимікробні засоби як харчові консерванти зріс у зв'язку

зі зростанням інтересу населення до здорового способу життя. Ними було оцінено мінімальні інгібіторні концентрації трьох природних антимікробних сполук – хітозану, етилового екстракту прополісу та низину, проти 37 мікроорганізмів (різних патогенів та мікроорганізмів, що спричиняють псування продуктів) методами розведення агару та краплинної дифузії на агарі. Поживні середовища з різними значеннями рН використовували для обох методів імітації різних харчових продуктів. Більшість мікроорганізмів інгібувалися хітозаном (0,5 % мас./об.) та прополісом (10 мг/мл), а більшість грампозитивних бактерій – низином (25 мкг/мл). Petruzzi et al. (2020) дослідили активність прополісу, щодо штамів *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae*, *Lactobacillus plantarum*, дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae* і *Debaryomyces hansenii*) і *Fusarium oxysporum*. Науковці застосували два підходи (модифікований протокол мікророзведення та підрахунок життєздатних мікроорганізмів). Мікроорганізми були засіяні на двох рівнях (низький або високий інокулят). Відзначається, що антимікробна дія прополісу залежить від кількох факторів, таких як: тип мікроорганізмів (наприклад *S. cerevisiae* був більш стійким, ніж *D. hansenii*, тоді як *Lactobacillus plantarum* не був уражений); концентрація клітин (за високої інокуляції для антимікробної дії була потрібна більша кількість прополісу); спосіб дії (затримка росту, а не повне пригнічення).

Важливою частиною харчової промисловості є пакування. Пакування харчових продуктів напряму пов'язане з якістю та їх безпекою, включаючи термін придатності та комунікації з точки зору маркетингу. Сучасна тенденція споживачів до екологічно чистої упаковки зростає. Походження, тип виробництва та упаковка є трьома найважливішими показниками, які оцінюють вплив харчових продуктів на навколишнє середовище. Інтелектуальна система пакування вказує та контролює фізико-хімічні умови продукту (наприклад, ступінь свіжості) та вплив навколишнього середовища (наприклад, температура, рівень рН, газ) під час транспортування та зберігання.

Їстівні плівки і покриття пов'язані з природними антимікробними агентами та біологічно активними полімерами, що містяться у вуглеводах або

білках харчових продуктів (Yan et al., 2022). Завдяки наявності великої кількості поліфенольних сполук, екстракт прополісу (особливо спиртовий екстракт прополісу) широко використовується для розробки активних пакувальних плівок (Yong & Liu, 2021). Сучасні технології пакування на основі біополімерів, такі як активне пакування, є креативними рішеннями для підвищення безпеки та якості упакованих харчових продуктів.

Júnior et al. (2022) провели дослідження, у якому порошок пектину (P) із цитрусових змішали із зеленим екстрактом прополісу (PE) (тобто P/PE плівки), були виготовлені шляхом лиття. Досліджено вплив різних концентрацій PE (1–3 % мас./мас.) на фізико-хімічні властивості плівок. Незалежно від доданої концентрації PE, за допомогою скануючої електронної мікроскопії (SEM) та інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є (FT-IR) не було виявлено значних морфологічних і структурних змін плівок на основі пектину. Додавання поліетилену покращило бар'єрні властивості P-плівок для УФ-світла. Крім того антиоксидантна активність плівок P (12,6 %) значно зросла до 54,8 % (плівка P/PE 3 %), що свідчить про потенціал використання плівки P/PE як активної упаковки для харчових продуктів (Júnior et al., 2022). Ardjoum et al. (2023) за результатами дослідження відзначають, що додавання спиртового екстракту прополісу і ефірної олії *Thymus vulgaris* в плівки з кукурудзяним крохмалем показало синергетичний ефект проти *Escherichia coli* та *Listeria monocytogenes*. Розроблені дослідниками антимікробні композитні плівки можна використовувати в упаковці харчових продуктів.

Marcinkowska-Lesiak et al. (2021) оцінює вплив желатинового покриття, збагаченого етиловим екстрактом прополісу (PE) у концентрації 1 %, 2 % або 3 % (мас./об.) на параметри якості свинини під час зберігання за 2° С. Результати дослідження показали високий рівень запобігання фізико-хімічним змінам і максимальне пригнічення мікроорганізмів отримано для зразків м'яса, що зберігалися в желатинових покриттях, що містять 2 % і 3 % PE. Крім того, незважаючи на невелике погіршення запаху на 4-й день, у групі PE, не спостерігалось негативних змін порівняно зі зразками без покриття. Отримані

результати свідчать про значну роль введення екстракту прополісу в желатинову упаковку для подовження терміну придатності свинини під час зберігання.

El Sheikha et al. (2022) досліджували розроблені ними покриття з карбоксиметилцелюлози (КМЦ), що містять різні концентрації (0, 1, 2, 3 і 4 %) етилового екстракту прополісу (ЕЕП), на предмет продовження терміну зберігання м'яса курятини (грудні м'язи), що зберігається за 2° С протягом 16 днів. Значно нижчі втрати ваги та рН ($\leq 0,05$) впродовж періоду зберігання були відмічені у зразках з покриттям порівняно зі зразками без покриття (контроль). Вміст MetMb був значно знижений ($p \leq 0,05$) у покритих зразках порівняно з контролем. Крім того додавання ЕЕП до КМЦ було більш ефективним у пригніченні росту мікроорганізмів, запобіганні окисленню ліпідів і збереженні загальної прийнятності м'яса курячої грудки з покриттям порівняно з контролем. У дослідженні науковців представлені КМЦ та ЕП, як альтернативні консерванти для виробництва активних пакувальних покриттів для курячого м'яса.

Mafra et al. (2022) оцінювали окислювальну, мікробіологічну та сенсорну стабільність рибної салямі, що містить водно-спиртовий екстракт червоного прополісу (RPHE) замість антиоксиданту бутилгідрокситолуолу (BHT). Спочатку RPHE був охарактеризований хімічно та біологічно. Потім під час дозрівання оцінювали протимікробну та фізико-хімічну активність найбільш прийнятних складів салямі за органолептичного аналізу (F3=0,4 % RPHE) та контрольних складів (F1=0,01 % BHT та F5=без антиоксиданту). RPHE показав перспективну біологічну активність. У RPHE ідентифіковано 16 хімічних сполук, зокрема хімічний маркер – формонетин. Салямі з 0,4 % RPHE продемонструвала високу сенсорну прийнятність та ефективно затримала псування (19,67 мг TVB-N 100/г) та окислення ліпідів салямі (0,7 мг МДА-екв/кг). Використання RPHE як природного консерванту є перспективним для виробництва рибної салямі.

Ucar (2022) дослідив спільне мікрокапсулювання безклітинного екстракту (CFE), отриманого з *Lactobacillus reuteri*, з водними та етанальними екстрактами

прополісу (1 % CFE), для вивчення їх посиленої антибактеріальної активності щодо чотирьох бактерій, що викликають псування риби (*Pseudomonas luteola*, *Enterobacter cloacae*, *Photobacterium damsela* and *Proteus mirabilis*). Результати аналізу показали, що мікрокапсульовані CFE з *L. reuteri* у поєднанні з екстрактами прополісу (водними та етанольними) містили органічні кислоти, вуглеводні, фенолокіслоти/флавоноїди та похідні бензолу. *P. mirabilis* виявилися найбільш чутливими бактеріями псування риби до CFE від *L. reuteri*. Результати дослідження показали, що спільне застосування екстрактів прополісу, особливо спиртового екстракту з CFE, отриманого з *L. reuteri* в мікрокапсульованому вигляді, загалом показало більш високу антимікробну дію на всі бактерії, що тестувалися.

Olewnik-Kruszkowska et al. (2022) у процесі дослідження виготовили полімерні плівки на основі полілактиду (PLA) з додаванням поліетиленгліколю (PEG) та хлороформного екстракту прополісу. За результатами дослідження встановлено, що прополіс суттєво впливає на властивості формованих матеріалів, подовжуючи термін зберігання чорниці, упакованої в нові плівки.

Areff et al. (2022) відзначають, що прополіс є одним із методів запобігання післязбиральних втрат у харчовій промисловості. Було протестовано підготовлене покриття на основі етилового екстракту прополісу на протигрибкову активність проти *Colletotrichum gloeosporioides* – грибка-збудника, що викликає антракноз на банані (*Musa acuminata*). Для всіх зразків штучно інокулювали *C. gloeosporioides* та вимірювали індекс тяжкості захворювання (DSI). Іншими випробуваними післязбиральними якостями бананів були втрата ваги, загальна розчинна суха речовина (TSS), колір та титрована кислотність (TA). Результати показали, що контрольні зразки банану більше вражалися грибками (некроз 60 %) порівняно з обробленими. Покриття з прополісу успішно пригнічувало грибкову активність *C. gloeosporioides* на банані під час зберігання. Контрольні зразки показали більшу втрату ваги (6,92 %) та загального вмісту розчинних твердих речовин ($p < 0,05$) порівняно з бананами в оболонці під час зберігання. Встановили,

що банани, оброблені покриттям з 11 % концентрацією прополісу, перспективні для поліпшення кольору, загального вмісту розчинних твердих речовин і титрованої кислотності, а також здатні інгібувати штучне антракнозне захворювання, викликане *C. gloeosporioides*.

Soares et al. (2022) дослідили якість яєць, що були піддані різним способам обробки. 144 свіжих червоних яєць були розподілені за схемою з 4 обробками (без миття, миття та занурення в хлор, миття та занурення в надоцтову кислоту, миття та обприскування екстрактом прополісу) та зберігалися впродовж 5-ти періодів зберігання (7, 14, 21, 28 і 35 днів) за температури 25° С. У кожному періоді аналізували по 6 яєць. Обробка екстрактом прополісу була єдиною ефективною для підтримки високої якості НУ яєць до 21 доби зберігання за 25° С і була ефективна проти мікробіологічного забруднення всіма групами бактерій. Як відзначають дослідники, представлені результати показали велику ефективність екстракту прополісу для підтримки внутрішньої та мікробіологічної якості яєць, це може бути альтернативою хімічним дезінфікуючим засобам.

1.5. Національні та міжнародні нормативні документи, що регулюють виробництво, переробку та використання прополісу

Безпечність продуктів харчування, інгредієнтів і складників є пріоритетом державного регулювання у всьому світі. У процесі адаптації законодавства України з безпечності та якості харчових продуктів до вимог ЄС приділяється увага і безпечності та якості продукції бджільництва. Україна посідає провідне місце, як виробник і постачальник меду у країни ЄС. Водночас для диверсифікації прибутків пасічницьких господарств такий продукт, як прополіс може сприяти додатковому доходу.

Загалом передбачається ріст ринку прополісу за середнього темпу приблизно 6,23 % з 2022 по 2030 рік у грошовому виразі (Market Research Future, 2018). Упродовж останніх 14-ти років нормативно-правові акти, які регулюють

питання якості та безпеки прополісу, не оновлювалися. Натомість міжнародна організація зі стандартизації, яка включає 167 країн-членів, фокусує свою увагу на прополісі. Так, на стадії розроблення (код 40,60 Закриття голосування) є стандарт ISO/CD 24381 Bee propolis – Specifications (ISO/CD 24381). Цей стандарт сприятиме досягненню таких цілей сталого розвитку, як міцне здоров'я, зменшення нерівності, відповідальне споживання. Стандарт ISO/AWI 13508 Propolis extracts – Specification перебуває на стадії код № 10,99 Затверджено новий проект.

Проект стандарту ISO/CD 24381 визначає три основних типи прополісу (табл. 1.2): коричневий, джерелом якого є смоли – *Populus*, зелений, джерелом якого є смоли – *Baccharis* і червоний – *Dalbergia* (основні джерела). Перспективними типами прополісу для подальшого включення в стандарт є такі, як *Araucaria spp.*, *Betula spp.*, *Castanea spp.*, *Clusia spp.*, *Cupressus spp.*, *Eucalyptus spp.*, *Macaranga spp.*, *Symphonia spp.*, а також прополіс із змішаних рослинних джерел (перелік не вичерпний). Визначається (п. 4.3.), що прополіс повинен відповідати законодавству про харчові продукти та нормам щодо важких металів, пестицидів, токсинів, фармакологічно активних речовин і поліциклічних ароматичних вуглеводнів кожної країни.

Таблиця 1.2

Фізико-хімічні вимоги до прополісу (проект ISO/CD 24381)

Параметри	Вимоги (на сухій основі)		
	Коричневий прополіс (<i>Populus</i>)	Зелений прополіс (<i>Baccharis</i>)	Червоний прополіс (<i>Dalbergia</i>)
1	2	3	4
Екстраговані етиловим спиртом (як суха речовина) (% мас./мас.), мін	30,0	30,0	30,0
Втрати висихання (% мас.), макс	10,0	10,0	10,0
Зольність (% мас.), макс	5,0	5,0	5,0
Екстраговані петролейним ефіром (% мас.), макс	65,0	30,0	60,0
Загальна кількість фенольних сполук (Фолін), мін (% мас./мас.), як галова	10,0	7,0	7,0

1	2	3	4
Загальна кількість фенольних сполук (Фолін) мін (% мас./мас.), як галангін	17,0	12,0	12,0
Загальна кількість флавоноїдів (AlCl ₃), % мас./мас. (хв.), як кверцетин	3,0	1,0	0,5
Загальна кількість флавоноїдів (поліамідний метод), % мас./мас. (хв)	6,0	2,0	1,0
Загальна кількість поліфенолів за ВЕРХ (коричневий, зелений і червоний прополіс)	Апігенін, кавова кислота, CAPE, p-кумарова кислота, хризин, ферулова кислота, галангін, пінобанксін і піноцембрін	Кавова кислота, p-кумарова кислота, 3,5-дикафеоїлхінова кислота, 4,5-дикафеоїлхінова кислота, корична кислота, друпанін, артепелін С і бахарин	Калікозин, ізолівіритигенін, формононетин та біоханін
Загальна антиоксидантна здатність (DPPH) – EC50 – максимальне значення (мкг/мл)	25,0	40,0	50,0

Для декларування простежуваності прополісу необхідно дотримуватися стандарту ISO 22005. За зберігання та транспортування слід враховувати тип прополісу, захист від світла, підвищену температуру (зберігати <25° С) і умови вологості в приміщенні, щоб уникнути погіршення справжніх характеристик прополісу та запобігти розвитку мікроорганізмів на поверхні. Вимоги до відбору проб прополісу передбачають, що прополіс є дуже неоднорідним продуктом, тому необхідно зібрати не менше 1 % партії (мінімум 1 кг зразка для партій менше 100 кг). Необхідно відібрати мінімум 10 репрезентативних точок, щоб врахувати різноманіття прополісу. Упакувати їх у харчову тару та зберігати за температури -18° С. Інструменти для відбору проб повинні бути чистими та не додавати сторонніх речовин або забруднювачів до проб.

Якість прополісу в Україні регламентує ДСТУ 4662: 2006 Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови (ДСТУ 4662: 2006). Цей стандарт

поширюється на прополіс – смолисту речовину з бактерицидними властивостями, яку бджоли збирають із бруньок дерев, перероблюють та використовують, як будівельний та дезінфікуючий матеріал. В Україні прополіс використовують для промислової переробки в харчовій і косметичній промисловостях та виготовлення фармацевтичних препаратів. Однак, з удосконаленням технологій виробництва прополісу, розробленням нового обладнання, навантаженням та контамінацією доквілля, як джерела рослинних смол, є необхідність у перегляді чинних нормативних актів та вимог до безпеки та якості цього продукту.

Відповідно до Регламенту (ЄС) № 1308/2013 прополіс віднесено до загального терміну «продукція бджільництва» поряд із медом, бджолиним воском, маточним молочком та обніжжям (Regulation (EU) No 1308/2013).

Відповідно до Commission Regulation (Commission Regulation (EU) No. 142/2011) мед, бджолиний віск, маточне молочко, прополіс або обніжжя не призначені для споживання людиною належать до категорії – побічні продукти бджільництва. Регламент Комісії (ЄС) № 142/2011 визначає вимоги до імпорту та транзиту, зокрема прополісу (Commission Regulation (EU) No. 142/2011). Прополіс має бути підданий температурі -12°C (або нижче) впродовж щонайменше 24 год та не походити з країн, котрі підпадають під заборону, пов'язану із зафіксованими випадками зараження *Paenibacillus larvae larvae*, *Acarapis woodi* (Rennie), *Aethina tumida*, *Tropilaelaps* spp. Водночас Commission Implementing Regulation (Commission Implementing Regulation (EU) 2021/632) у розділі 5 визначає, що прополіс віднесено до їстівних продуктів тваринного походження, які використовуються у виробництві фармацевтичних продуктів і харчових добавок та підлягають контролю в пунктах ввезення на територію ЄС.

Офіційних даних щодо світового виробництва сирого прополісу не знайдено. Проте основними виробниками вважають Китай та Бразилію. Річний обсяг виробництва в Китаї зріс із 35 т у 1984 році до 300 т у 2008 році (Crane, 2009). У 2004 році виробництво в Бразилії становило 250 т і вважалось,

що це від 10 % до 15 % світового виробництва. Більша частина прополісу, який виробляється в Бразилії експортується до Японії, і цей ринок постійно зростає (Miguel & Antunes, 2011). Інші великі виробники сирого прополісу у світі – США, Іспанія, Румунія, Аргентина та Чилі. За результатами цього дослідження, загальне промислове виробництво становить від 1800 до 2400 т/рік (Market Research Future, 2018).

Під час перетворення сирого прополісу на оброблений, швидкість його відновлення в гнізді бджіл становить приблизно 37–47 % на початку сезону. Упродовж сезону швидкість відновлення коливається від 15 % до 25 %, оскільки в гніздо надходить нектар і бджоли додають більше воску до прополісу. Відомо, що одне вишкрібання з вулика дає від 30 % до 40 % чистого прополісу (Apiculture Monitoring Programme Report, 2016.). Але не весь комерційно вироблений прополіс переробляють на чистий прополіс, частина споживається як прополіс-сирець. Основні підприємства, які працюють на світовому ринку прополісу, наведено в таблиці 1.3. Варто звернути увагу на переважання бразильських компаній поміж двох компаній Китаю та Нової Зеландії. За даними компанії Comvita, у 2017 році її річний обіг продажів становив 156 млн новозеландських доларів і прибуток у 9,4 млн доларів. У тому ж році інша компанія – Manuka Health New Zealand – мала річний обіг продажів у 80 млн новозеландських доларів і прибуток у 3,5 млн новозеландських доларів (Market Research Future, 2018).

Таблиця 1.3

Основні підприємства на світовому ринку прополісу

(Market Research Future, 2018)

Назва компанії	Країни
1	2
Apis Flora	Бразилія
Wax Green	Бразилія
Comvita	Нова Зеландія
Apiario Polenectar	Бразилія
King's Gel Propolis	Бразилія
MN Propolis	Бразилія
Ponlee Propolis	Бразилія

1	2
Manuka Health New Zealand	Нова Зеландія
Zhifengtang	Китай
Beijing Baihua Apiculture Technology Development Corp	Китай

Згідно з додатком VII «Про регулювання ідентифікації та якості екстракту прополісу» нормативної інструкції № 11 від 20.10.2000 р. (Instrução Normativa No. 11 Anexo VII.) Міністерства сільського господарства Бразилії основною метою є встановлення мінімальних вимог до якості екстракту прополісу. Під екстрактом прополісу розуміють продукт вилучення компонентів прополісу в нейтральному спирті (харчовий) згідно з технологічним процесом. Показники якості визначаються за допомогою сенсорних та фізико-хімічних властивостей. Поміж них характерними є аромат, колір, смак, зовнішній вигляд, а також вміст сухих речовин, воску, фенольних та флювоноїдних сполук, алкоголю, метанолу тощо. Наводиться вимога щодо відсутності добавок та забруднюючих, сторонніх речовин. Також продукт не має містити макроскопічних та мікроскопічних сторонніх речовин будь-якої природи. Особлива увага спрямовується на наявність спор личинок *Paenibacillus*.

Східноафриканський стандарт (Республіка Уганда) DEAS 990:2019 «Бджолиний прополіс – специфікація» визначає загальні вимоги, відбір проб та методи випробувань бджолиного прополісу (DEAS 990:2019). Під бджолиним прополісом розуміють бджолиний клей або смолисту суміш, яку бджоли виробляють через змішування бджолиних виділень і бджолиного воску з зібраним ексудатом із бруньок дерев, потоків соку або інших ботанічних джерел. Поміж сенсорних показників визначаються зовнішній вигляд, колір, смак, запах, консистенція, наявність сторонніх включень. Цей стандарт також передбачає специфічні вимоги, поміж яких вологість, загальна зольність, вміст воску та смоли. Строго контролюється вміст важких металів, залишків пестицидів і ветеринарних препаратів. Встановлені також мікробіологічні

вимоги. Методи випробування здійснюються відповідно до міжнародних стандартів ISO (ISO/CD 24381), а граничні межі показників відповідають встановленим показникам Комісії Codex Alimentarius (Codex Alimentarius Commission, 2001). Стандарт передбачає вимоги до маркування та встановлює обов'язкові пункти, які мають бути зазначені на упаковці. Окрім вищезгаданого, цей стандарт постійно націлений на імплементацію з міжнародними організаціями зі стандартизації, зацікавленими державами під час використання та впровадження, Світовою організацією з торгівлі, Комісії Codex Alimentarius (Codex Alimentarius Commission, 2001).

Офіційний мексиканський стандарт NOM-003-SAG/GAN-2017 «Прополіс, виробництво та специфікації для його переробки» (NOM-003-SAG/GAN-2017) окрім загальноприйнятих розділів (таких як, сфера застосування, література, визначення, сенсорні, фізико-хімічні та антимікробні вимоги, методи випробувань, оцінка відповідності) додатково містить розділи щодо штрафних санкцій та відповідність міжнародним стандартам і рекомендаціям. Стандартом передбачаються фізичні (колір, запах, смак, консистенція), хімічні (флавоноїди, загальні феноли, показник окислення) характеристики та протимікробна активність. Щодо протимікробної активності, то всі зразки мають бути проаналізовані щодо таких мікроорганізмів, як *Staphylococcus aureus* (ATCC), *Escherichia coli* (ATCC) та *Candida albicans* (ATCC). Підтвердження про виконання всіх вимог має надати офіційна, затверджена або уповноважена лабораторія із зазначенням номера еталонного штаму, використаного в аналізі. Окрім того, у стандарті в розділі методи випробувань детально зазначено, як саме мають проходити дослідження та прописані всі процедури.

Стаття 1308 bis Аргентинського продовольчого кодексу стосуються продукту під назвою «Прополіс та включення технічних специфікацій» (Artículo 1308 bis). Цим положенням оцінюються характеристики, властивості та межі безпеки прополісу. Окремо під час маркування зазначаються алергенні характеристики. Під сенсорними характеристиками розглядають аромат, колір,

смак, консистенцію, зовнішній вигляд. Сирий прополіс має відповідати фізико-хімічним вимогам, а саме встановлюються граничні межі для вмісту золи, фенольних сполук, флавоноїдів, свинцю, миш'яку, залишків пестицидів та антибіотиків, швидкості окислення тощо. Забороняється використання добавок та сторонніх домішок. Окрім вимог до сирого прополісу, цією статтею встановлюються також вимоги до м'якого екстракту прополісу та вказано, де буде дозволено використання прополісу, як інгредієнту. М'який екстракт прополісу – напівфабрикат, який отримують через оброблення сировини прополісу етиловим спиртом, задля вилучення біологічно активних компонентів, домішок та воску. Спирт необхідно випарювати, працюючи за контрольованої температури, щоб не впливати на біоактивні сполуки та отримати очищену речовину пастоподібної консистенції. Сирий прополіс та м'який екстракт прополісу призначені для задоволення особливих потреб у харчуванні та їжі певних груп населення: продукти харчування для задоволення специфічних дієтичних потреб здорових груп людей; їжа для задоволення харчових потреб людей із відповідним фізіологічним станом; збагачені продукти харчування; біологічні добавки; їжа з прополісом.

Польський стандарт «Propolis – kit pszczeli PN-R-78891» поширюється на виробництво прополісу та торгівлю ним. За прикладом інших стандартів контролюються сенсорні та фізико-хімічні показники. Особливі вимоги застосовують до упаковки партії та індивідуальної упаковки прополісу. Характерною особливістю є те, що в цьому стандарті, прополіс поділяється на два класи I і II (Propolis – kit pszczeli PN–R–78891).

Аналіз вище перелічених міжнародних, національних нормативних документів, що регламентують безпечність та якість прополісу дав змогу виявити розбіжності поміж більшої частини показників. Нормативні документи країн по різному визначають консистенцію та зовнішній вигляд прополісу (табл. 1.4).

Опис зовнішнього вигляду та консистенції прополісу в різних країнах світу

Країни	Показники	
	зовнішній вигляд	консистенція
Аргентина	Однорідний або неоднорідний, бажано в нестиснених шматках.	За кімнатної температури: ковка або жорстка, залежно від ботанічного та/або географічного походження.
Бразилія	Тверда, жорстка або м'яка речовина рівномірного забарвлення, залежно від ботанічного походження.	За кімнатної температури: від пластичної до твердої, залежно від ботанічного походження.
Польща	- ¹	Твердий за температури до 20° С, липкий та пластичний за температури вище 20° С.
Мексика	Смолиста речовина, тверда, крихка.	За кімнатної температури ковкий або жорсткий, залежно від його ботанічного походження.
Східно-африканський регіон	Характерний, залежно від походження.	Бути ліпофільним за своєю природою, зі зниженням температури ставати крихким, твердим, з підвищенням температури – м'яким, пастоподібним, клейким.
Україна	Грудки, крихти або брикети.	Щільна, тверда, на зломі неоднорідна.

Примітка. ¹у стандарті «Propolis – kit pszczeli PN-R-78891» показник не регламентується (Propolis – kit pszczeli PN-R-78891). Згруповано автором на основі джерел ДСТУ 4662:2006; Instrução Normativa No. 11; NOM-003-SAG/GAN-2017; Propolis – kit pszczeli PN-R-78891; DEAS 990:2019, *Artículo 1308 bis Código alimentario Argentino*, Negri et al., 2000

Нормативний документ України (ДСТУ 4662:2006) не враховує температуру зовнішнього середовища під час визначення показників консистенції досліджуваних зразків. З огляду на фізико-хімічні характеристики прополісу та їхню залежність від температури треба зазначити, що неврахування цього може спричинювати формування хибних висновків за цими параметрами. Під час оцінювання зовнішнього вигляду не враховано походження прополісу (рослинні джерела) та способи його відбору.

У нормативних документах країн спостерігається тенденція подібності встановлених вимог щодо кольору, запаху та смаку, але також є й характерні відмінності (табл. 1.5). Основні сенсорні показники прополісу в різних регіонах

зумовлені насамперед різними ботанічними джерелами походження. Етологія бджіл під час накопичення прополісу сприяє поліфлорності його складу й неоднорідності кольору. Крім цього способ збору, очищення можуть впливати на основні сенсорні показники прополісу-сирцю.

Вимоги щодо вмісту біологічно активних речовин містяться в більшості нормативних документах. Варто зазначити, що показники майже не відрізняються між собою (табл. 1.6). У нормативну документацію України варто додати визначення загальної кількості фенолів, АОА (антиоксидна активність), вміст етилового спирту та водорозчинних смол, привести методики визначення всіх показників до міжнародних.

Вимоги варто розділити за призначенням подальшого використання (наприклад, для харчової чи фармацевтичної промисловості). У проаналізованих нормативних документах Польщі та Східноафриканського регіону (Уганда) вміст біологічно активних речовин прополісу не регламентуються (DEAS 990:2019).

Щодо фізико-хімічних характеристик, то тільки стандарт Східноафриканського регіону (Уганда) DEAS 990: 2019 «Бджолиний прополіс – специфікація» (DEAS 990:2019) вимагає дотримання всіх нижче зазначених показників. Інші ж країни в нормативних документах визначають певні показники, які, на їхню думку, найбільше впливають на якість прополісу (табл. 1.7). У нормативну документацію України варто ввести показники вмісту сухих речовин та загальну зольність. Залежно від способу збору вміст воску буде варіювати. Треба було б розділи прополіс за категоріями залежно від вмісту воску. Прополіс 1 категорії з вмістом воску до 5 %, 2 категорії – до 10 % і третьої – до 15 %. Чим менше воску, тим більший вміст рослинних смол у прополісі, а відповідно цінність і вартість прополісу має бути вищою. Такий підхід спонукав би промисловість удосконалювати технологію задля отримання більшої вигоди, а ринок отримувал би якісніший продукт.

Сенсорні характеристики прополісу в різних країнах світу

Країни	Показники		
	колір	запах	смак
Аргентина	Жовтий, коричневий, зеленуватий, червонуватий, коричневий та їхні відтінки, залежно від ботанічного та/або географічного походження та концентрації.	Смолистий або бальзамічний, залежно від його ботанічного та/або географічного походження.	Різноманітний, від м'якого до сильного, гіркого та пряного.
Бразилія	Різноманітний, залежно від походження та концентрації (бурштинові тони, червонуватий і зеленуватий).	Характерний, залежно від ботанічного походження (бальзамічний і смолистий).	Характерний, від м'якого до сильного, гіркий і пряний.
Польща	Від жовтого до темно-коричневого, часто з зеленим або червоним відтінком.	Бальзамічний, приємний.	- ¹
Мексика	Червоний, червоно-жовтий, темно-жовтий, коричнево-зелений, коричневий або чорний, залежно від ботанічного походження.	Смолистий (деревний запах) або бальзамічний (восковий запах), бальзамічний, залежно від його ботанічного походження.	Від м'якого бальзамічного до сильного і пряного, залежно від його ботанічного походження.
Східно-африканський регіон	Характерний, залежно від походження.	Характерний, залежно від походження.	Характерний, залежно від походження.
Україна	Темно-зелений, коричневий, зеленувато-коричневий, бурий, сірий із зеленуватим, жовтим або коричневим відтінком.	Смолистий (суміш запахів меду, хвої, тополі).	Гіркий, трохи пекучий.

Примітка. ¹у стандарті «Propolis – kit pszczeli PN-R-78891» цей показник не регламентується. Згруповано автором на основі джерел: ДСТУ 4662:2006; Instrução Normativa N° 11; NOM-003-SAG/GAN-2017; Propolis – kit pszczeli PN-R-78891; DEAS 990:2019, Artículo 1308 bis Codigol alimentario Argentino

Біологічно активні речовини прополісу

Країни	Показники				
	флавоноїди	окислення	феноли	АОА (CA50) ⁴	етил-розчинні смоли
Аргентина	min 0,5 %	max 22 с	min 5 % ²	- ⁵	min 30 %
Бразилія	min 0,25 %	max 22 с	min 0,5 %	- ⁶	метанол max 0,4 мг/л
Мексика	min 0,5 % ¹	max 22 с	min 5 % ³	min 100 мкг/мл	- ⁷
Україна	min 25 %	0,6 на 1 мг см ³		- ⁸	

Примітка. ¹Виражені як еквіваленти кверцетину; ²виражені, як галова кислота; ³виражені, як еквівалент галової кислоти; ⁴здатність речовини поглинати вільні радикали, антиоксидантна активність; ⁵у статті 1308 bis «Прополіс та включення технічних специфікацій» показник не регламентується; ⁶у додатку VII «Про регулювання ідентифікації та якості екстракту прополісу» показник не регламентується; ⁷у NOM-003-SAG/GAN-2017 «Прополіс, виробництво та специфікації для його переробки» показник не регламентується; ⁸у ДСТУ 4662:2006 «Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови» показник не регламентується. Згруповано автором на основі джерел: Artículo 1308 bis Código alimentario Argentino; Instrução Normativa N° 11; NOM-003-SAG/GAN-2017; ДСТУ 4662:2006

У проаналізованих нормативних документах Польщі (Propolis – kit pszczeli PN–R–78891) та Мексики (NOM–003–SAG/GAN–2017) фізичні та хімічні характеристики прополісу не регламентуються.

Таблиця 1.7

Фізичні та хімічні характеристики прополісу

Країни	Показники			
	сухі речовини, %	загальна зольність, %, max ¹	віск, %, max ¹	смола, % max ¹
Аргентина	10	5	- ²	
Бразилія	11	- ³	1	- ³
Східноафриканський регіон	6	10	30	50
Україна	- ⁴		15,0	- ⁴

Примітки. ¹максимально допустиме значення; ²у статті 1308 bis «Прополіс та включення технічних специфікацій» показники не регламентуються; ³у додатку VII «Про регулювання ідентифікації та якості екстракту прополісу» показники не регламентуються; ⁴ДСТУ 4662:2006 «Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови» показники не регламентуються. Згруповано автором на основі джерел: Artículo 1308 bis Código alimentario Argentino; Instrução Normativa N° 11, DEAS 990:2019, ДСТУ 4662:2006

Контамінація має важливе значення в становленні якості та безпечності як сировини, так і готового продукту. Важливо, щоби найбільш поширені важкі метали, пестициди, антибіотики, радіонукліди обов'язково контролювалися нормативними документами під час виробництва. Частина країн намагається контролювати більшість показників, а деякі країни в проаналізованих нормативних документах ці показники не регламентують (табл. 1.8).

У проаналізованих нормативних документах Бразилії (Instrução Normativa N° 11), Польщі (Propolis – kit pszczeli PN–R–78891) та Мексики (NOM-003-SAG/GAN-2017) важкі метали, залишки пестицидів та антибіотиків у прополісі не регламентуються. Вміст радіонуклідів у проаналізованих нормативних документах не регламентується. За ДСТУ 4662:2006 «Прополіс (бджолиний

клей). Технічні умови» вміст радіонуклідів визначається державними гігієнічними нормативами ГН 6.6.1.1–130–2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs-137 і Sr-90 в продуктах харчування та питній воді, затверджені Міністерством охорони здоров'я України 03.05.2006 р., не повинні перевищувати допустимих рівнів ^{137}Cs не більш ніж 600 Бк/кг, ^{90}Sr – не більш ніж 200 Бк/кг (ДСТУ 4662:2006).

Стандарт «Propolis – kit pszczeli PN-R-78891» не регламентує мікробіологічні показники. Поміж того, більшість розглянутих нормативних документів не надають особливої уваги мікробіології, що може негативно позначитися на безпечності прополісу (табл. 1.8).

Таблиця 1.8

Нормування забруднювачів прополісу, мг/кг

Країни	Показники				
	Арсен (As)	Свинець (Pb)	Ртуть (Hg)	Кадмій (Cd)	Залишки пестицидів та антибіотиків
Аргентина	1,0	2,0	- ¹		Не допустимо
Східно-африканський регіон	0,5	1,0	0,05	0,2	- ²
Україна	0,5	1,0	- ³	0,05	0,005

Примітки: ¹в статті 1308 bis «Прополіс та включення технічних специфікацій» показник не регламентується; ²у DEAS 990: 2019 «Бджолиний прополіс – специфікація» показник не регламентується; ³ДСТУ 4662:2006 «Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови» показник не регламентується. Згруповано автором на основі джерел Artículo 1308 bis Código alimentario Argentino; DEAS 990:2019, ДСТУ 4662:2006

Стандарт «Propolis – kit pszczeli PN-R-78891» не регламентує мікробіологічні показники. Поміж того, більшість розглянутих нормативних документів не надають особливої уваги мікробіології, що може негативно позначитися на безпечності прополісу (табл. 1.9).

Доведено, що в складі прополісу є віск тваринного та рослинного походження (Pobiega et. al., 2017; Örsösi-P' et. al., 1957). Бджоли можуть переносити старий віск під час відбудови гнізда (Örsösi-P' et. al., 1957). Забруднений старий віск разом із залишками ветеринарних препаратів та пестицидів може потрапляти в прополіс. Отже, очищення елементів гнізда від

старих стільників (воску) і прополісу покращує якість останнього. Vilas-Boas et al. (2022) відзначають, що у всіх випадках використання прополісу оцінка якості є вимогою та залежить від методів для вилучення біоактивних речовин із сирого прополісу та кількісного визначення різних компонентів. Відсутні міжнародні вимоги до якості, також не вистачає стандартизованих аналітичних процедур, незважаючи на наявність кількох методологій з невідомою надійністю, які часто не можна порівняти.

Таблиця 1.9

Регламентування мікробіологічних показників

Країни	Показники					
	Дріжджі /пліснява КУО/Г	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Paenibacillus</i>	<i>Salmonella</i>
Аргентина	n=5 c=2 m=10 M=100 ¹	_2	_2	_2	_2	n=10 c=0 m=0 ¹
Бразилія	_3	_3	_3	_3	НД	_3
Мексика	_4	НД	НД	НД	_4	_4
Східно-африканський регіон	10 КУО/Г	НД	НД	_5	_5	_5
Україна	не більше, ніж 100	НД	_6	_6	_6	НД

Примітка. ¹n = число одиниць, з яких складається проба, c = число вибірки, що мають значення між m та M; ²у статті 1308 bis «Прополіс та включення технічних специфікацій» показники не регламентуються; ³у додатку VII «Про регулювання ідентифікації та якості екстракту прополісу» показники не регламентуються; НД – не допускається; ⁴у стандарті NOM-003-SAG/GAN-2017 «Прополіс, виробництво та специфікації для його переробки» показники не регламентуються; ⁵у DEAS 990: 2019 «Бджолиний прополіс – специфікація» показники не регламентуються; ⁶у ДСТУ 4662:2006 «Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови» показники не регламентуються. Згруповано автором на основі джерел: Artículo 1308 bis Código Alimentario Argentino; Instrução Normativa Nº 11; NOM-003-SAG/GAN-2017; DEAS 990:2019; ДСТУ 4662:2006

Щоб подолати нинішній статус, Міжнародна комісія з меду організувала міжлабораторне дослідження з використанням зразків прополісу з усього світу, щоб узгодити аналітичні методи та оцінити їхню точність. Загальний набір протоколів був узгоджений між дванадцятьма лабораторіями з дев'яти країн (Болгарія, Німеччина, Греція, Франція, Італія, Португалія, Словенія, Іспанія

та Туреччина) для кількісного визначення вмісту золи, воску та бальзаму в сирому прополісі, а також для спектрофотометричної оцінки загального вмісту фенолів, флавону/флавонолу та флаванону/дигідрофлавонолу в екстракті. Загалом 3428 результатів (97 % достовірних даних) використано для оцінки точності методів відповідно до рекомендацій ISO-5725.

Висновки до розділу 1

Однозначне розуміння походження прополісу є ключовим аспектом для подальших досліджень і розробки методик його використання як сировини. Визначення рослинних джерел прополісу і його складу є основою для класифікації продукту за типами. У науковій літературі існують різні підходи до назв типів прополісу, що може створювати плутанину в термінології. Прополіс грає важливу роль у системі імунітету бджолої сім'ї, і цей факт також повинен бути врахований під час розробки технологій його збору і використання.

Пошук різних способів збору прополісу є досить тривалим у часі і спрямований на збільшення обсягів його отримання. У залежності від наявності джерела та кліматичних умов розроблені різні способи отримання прополісу. Способи отримання прополісу в одній географічній зоні непридатні в іншій через особливості біології бджолої сім'ї, виду шкідників, тривалості пасічницького сезону, умов клімату. Механізація процесу отримання прополісу сьогодні відсутня. Аналіз каталогів основних світових виробників (Thomas Apiculture, Lyson, Melissa-93, ABB-100, Civan, Park Plus, ІСКО, Bienen-Voigt & Warnholz, Giordan Srl, Logar, Dadant) та реалізаторів пасічницького реманенту дає підстави зробити висновок про відсутність обладнання для отримання якісного прополісу з автоматизацією процесу виробництва.

Мінливість хімічного складу прополісу є основною проблемою у його стандартизації. Застосування передових технологій у галузі харчових технологій сприяє у дослідженні комплексних характеристик автентичності прополісу.

Дослідження фізико-хімічних властивостей різних типів прополісу сприяє у визначенні його основних органолептичних показників у нормативних документах. Наявність у зразках прополісу пестицидів, агрохімікатів та важких металів є показником відсутності належної рекомендації виробництву, щодо шляхів мінімізації контамінації цими речовинами.

На кожному з етапів формування прополісу, як безпечної та якісної сировини для харчових продуктів, існують чинники, які можуть незворотно впливати на якість прополісу. Рослинні джерела прополісу формують типи прополісу з відповідними хімічними та фізичними властивостями в залежності від географії походження. Географічний маркер є важливим індикатором у боротьбі з фальсифікацією продуктів бджолиного походження. Наявність доступних джерел прополісу в екологічно чистих зонах пасічництва має вагомий вплив на якість. Застосування передових та адаптованих до клімату місцевості технологій збору прополісу забезпечує належний економічний ефект та зниження собівартості сировини. Належне дотримання санітарно-гігієнічних вимог під час збору, транспортування та зберігання прополісу покращує його якість. Дослідження та впровадження технологій з переробки прополісу розширює спектр його застосування та споживання, зокрема сприяє його використанню у харчовій промисловості.

Прополіс є перспективною та цінною сировиною для харчової промисловості і може бути застосований безпосередньо як інгредієнт, так і опосередковано, як складник у пакуванні. Не дивлячись на те, що прополіс є цінним природним продуктом, він також може нести ризики для здоров'я людини. На кожному етапі формування прополісу в Україні слід приділяти увагу джерелам (причинам), що погіршують якість прополісу, з метою розробити ефективні рекомендації щодо їх мінімізації. Обізнаність споживачів про якість продуктів, ризики та переваги, пов'язані із споживанням продуктів, що містять прополіс, є одним із запобіжників забезпечення безпеки споживачів. У подальшому доцільно зосередити увагу на трьох ключових напрямках: впровадження належної практики бджільництва; дотримання належної

сільськогосподарської практики; належний контроль сировини та готових продуктів на ринку. Розробка технологій отримання прополісу та його переробки повинна бути спрямована на здешевлення сировини та економічну вигоду його застосування, що призведе до доступності продуктів для споживачів. Крім цього, слід розробити рекомендації щодо норм добового споживання прополісу або продуктів, що містять прополіс, для споживачів.

У підсумку, національні нормативно-правові акти, що регламентують якість прополісу варто оновити відповідно із міжнародними вимогами ринку. Адаптація нормативної документації до міжнародних має містити принципи належної практики бджільництва в частині виробництва прополісу, що відсутнє на цей час в Україні. У нормативних документах варто розділити методи визначення якості на основні (загальні) та спеціальні залежно від подальшого використання досліджуваної партії. У національній нормативно-правовій базі з питань якості прополісу відсутні вимоги, щодо якості імпортованих цінних типів прополісу, котрий завозиться на внутрішній ринок. Особливу увагу варто приділити для попередження потрапляння фальсифікованого та низькоякісного прополісу у великі партії на експорт.

Матеріали розділу опубліковано у фаховому виданні (Двикалюк, 2022).

РОЗДІЛ II

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Умови, матеріали та загальна схема досліджень

Дисертація виконувалася впродовж 2019–2023 років на кафедрах стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції та технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України. Для виробничих випробувань задіяно 36 пасічних господарств з різних регіонів. Впровадження здійснено на трьох провідних господарствах – ТОВ «Апіпродукт», ТОВ «Київоблбджолопром», ФГ «Сила природи».

Загальну схему проведення досліджень наведено на рис. 2.1.

Мета та завдання досліджень. Мета наукової роботи: підвищення ефективності процесу очищення сіток для отримання прополісу, як сировини для харчової промисловості; оптимізація якісних показників прополісу шляхом удосконалення процесу очищення; розробка обладнання для його реалізації та фізико-математичне моделювання досліджуваного процесу на основі отриманих експериментальних даних.

Для досягнення мети було поставлено **завдання:**

1. Науково обґрунтувати передумови розроблення технічного забезпечення для виробництва прополісу засобом аналізу та систематизації даних щодо технології, способів відбору та існуючого обладнання;

2. Здійснити науково-технічне обґрунтування процесу очищення засобів збору та розроблення обладнання для отримання прополісу на підґрунті аналізу та інтенсифікації процесу його виробництва, оптимізації режимних та конструктивних параметрів пристроїв;

3. Застосувати фізико-математичне моделювання, технологічні основи проєктування, 3D-конструювання та нові технологічні рішення для розроблення пристрою з автоматизованим процесом очищення сіток для збору прополісу;

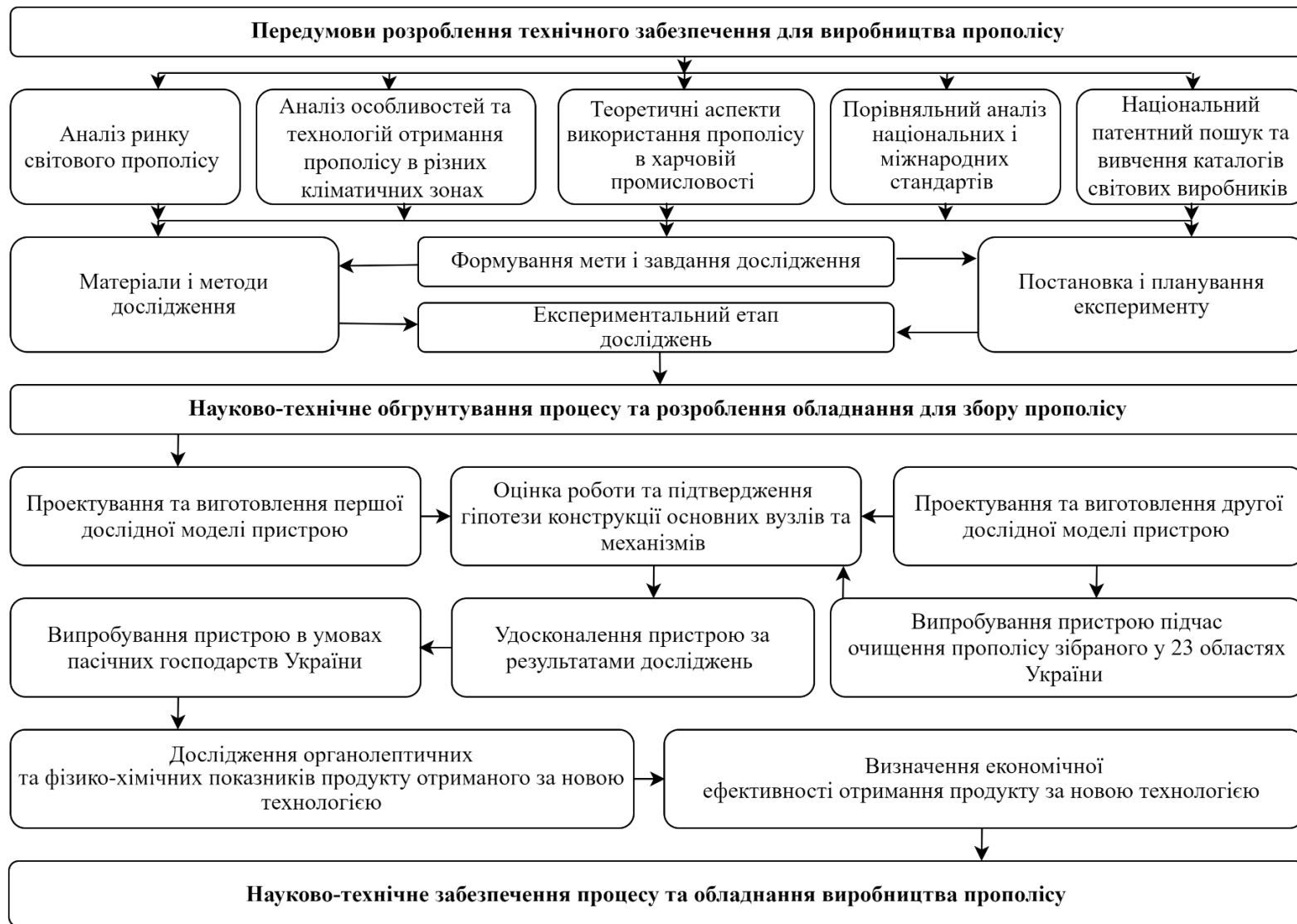


Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

4. Провести промислове випробування, встановити якість отриманого продукту та визначити економічну доцільність використання пристрою у технології виробництва прополісу.

Об'єкти дослідження – технологія та процес очищення засобів збору для отримання прополісу, що включає всі аспекти збору та первинної його обробки, вивчення його властивостей, якості та безпечності, а також його використання у харчовій промисловості.

Предмети дослідження – прополіс як сировина для використання у харчових та переробних виробництвах, пристрій для очищення сіток, механізація процесу очищення сіток для збору з покращенням санітарно-гігієнічних умов та нівелюванням ручної праці.

Гіпотеза наукових досліджень. Застосування напруг зсуву в умовах знакозмінних величин кінематичних параметрів сіток для збору під час удосконалення технології та розробки конструктивного оснащення для його реалізації. Заміна залежностей між параметрами досліджуваного процесу очищення на залежності між безрозмірними комплексами та критеріями подібності, що базуються на отриманій експериментальній базі.

Методи дослідження. Теоретичну і методологічну основу дослідження становлять фундаментальні положення технічних наук, зокрема в напрямку процесів харчових виробництв та отримання сировини високої якості. Для вирішення завдань дисертації використано загальні та спеціальні наукові методи, а саме: аналітичний, абстрактно-логічний, фізико-математичне моделювання, 3Д-моделювання, конструкційний, фізико-хімічні, мікроскопічний, обробка даних, статистичний.

Інформаційна база досліджень. Аналіз та синтез наукової інформації проводили методом Торгасо (2005) із використанням науково-метричної бази Springer та пошукового інструменту Google Scholar. Патентний пошук виконано за нашим замовленням патентно-правовою фірмою «PRIMA VERITAS» (<https://prima-veritas.ua>). Опрацьовано каталоги виробників пасічницького обладнання: Thomas Apiculture, Lyson, Меліса-93, АBB-100, ПБІК «Павік»,

Civan, Park Plus, ICKO, Bienen-Voigt & Warnholz, Giordan Srl, Logar, Prestige Stainless, Boutelje Products, Dadant, Maxant.

Наукова новизна одержаних результатів. Найважливіші наукові результати дослідження, які характеризуються новизною та виносяться на захист, полягають у такому:

вперше:

– обґрунтовано технологічний процес виробництва прополісу, що базується на фізико-математичному моделюванні процесу очищення, результатах 3D-моделювання виконавчих елементів, впливу біологічних чинників, проектуванні параметрів якості готового продукту;

– отримано рівняння процесу очищення сіток для збору, що наводить залежності між такими фізико-механічними та теплофізичними параметрами досліджуваного процесу, як: площа контактної впливу за дії зсувних та згинальних напруг, коефіцієнт температуропровідності, густина продукції, час обробки, адгезійна здатність виконавчих органів та відцентрові сили у процесі, конструктивні характеристики сіток та валів; залежності базуються на використанні другої теореми подібності Федермана-Букингема, теорії «розмірності» за здійснення фізико-математичного моделювання досліджуваного процесу.

удосконалено:

– технологію виробництва прополісу через впровадження у процес очищення нових обладнання та засобів для його збору, з метою користування у промислових обсягах, що сприятиме ширшому використанню продукту у харчовій галузі;

– розрахункові залежності для визначення безрозмірних комплексів, критеріїв подібності Ейлера та Фур'є, технологічних та конструктивних параметрів обладнання за умов врахування особливостей досліджуваних процесів очищення засобів збору прополісу та його первинної обробки (натуральної грануляції).

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність результатів наукового дослідження полягає у тому, що:

вперше:

– розроблено технологію виробництва прополісу, що базується на механізації її основних процесів за максимального нівелювання ручної праці, підвищення якості продукту порівняно із традиційними методами збору, поліпшення гігієнічно-санітарних умов виробництва;

– розроблено пристрій для виробництва прополісу із застосуванням технологічних основ проєктування, що забезпечує підвищення продуктивності очищення засобів збору;

удосконалено процес очищення виконавчих органів для збору прополісу, здійснено їх адаптацію до застосування у промислових обсягах, із забезпечення максимальної механізації досліджуваного процесу з перспективами його автоматизації та підвищення обсягів використання продукту у галузях харчових і переробних виробництв;

спроєктовано, виготовлено та апробовано роботу набірних валів, що забезпечують одночасну подачу (втягування) та деформацію засобів збору прополісу. Завдяки цьому нівельовано необхідність включення додаткових механізмів у конструкцію пристрою для подачі засобів збору (сітка EVA) під час їх згинання. Спрощення конструкції пристрою без втрати функціоналу позитивно впливає на собівартість його виготовлення, обслуговування та портативність. Вали, що складаються із вкладок та розділювачів створюють підґрунтя для проєктування та виготовлення за тим самим принципом роботи автоматизованих ліній з можливістю очищення засобів збору необхідних розмірів.

За результатами виробничих випробувань, доведено, що розроблений пристрій дозволяє отримувати $12,72 \pm 2,26$ г прополісу з бджолої сім'ї в Черкаській області, $18,07 \pm 1,62$ г – Полтавській, $15,74 \pm 2,86$ г – Тернопільській, $13,81 \pm 1,96$ г – Хмельницькій, $16,95 \pm 1,30$ г – Житомирській області.

Проведено комплексне дослідження щодо складу, властивостей та якості прополісу, що отриманий з використанням нового обладнання. Доведено, високі біологічно активні властивості отриманого продукту, на що вказує вміст флавоноїдів у межах від $14,47 \pm 1$ до $88,64 \pm 1$ %.

Наукова робота виконувалася в рамках прикладної теми «Наукові основи створення комплексу технологій здорових, оздоровчих та функціональних продуктів з використанням лікарських рослин та нетрадиційної сировини» (державний реєстраційний номер 0120U102377, 2020–2022 рр) при кафедрі технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України.

2.2. Методи дослідження

Метод фокальних об'єктів було використано для розробки дослідного зразка пристрою (версія 1.1). Сутність методу полягає у перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на об'єкт, що удосконалюється (Крупа, Литвин, 2016). Фокальним об'єктом у розробці пристрою слугував станок для очищення запрополісованих полотнин (холстиків) запропонований О. О. Садовніковим, (1982) – марки СИП-уп.

Моделювання пристрою здійснювали з використанням програмного продукту КОМПАС-3D v19.0.16. методом твердотільного моделювання (Requicha, 1980; Requicha, Voelcker, 1982) з подальшим збереженням результатів роботи з моделювання пристрою у файли для 3d друку (формат: *.stl) та лазерної різки металу (формат: *.sdr).

Виготовлення дослідної моделі пристрою. Каркас пристрою виготовили з профільованої квадратної металевої труби розмірами 15x15x1,8 мм. Труби з'єднували методом ручного дугового зварювання з використанням зварювального апарату-інвертору Патон ВДІ-MINI 150 DC. Надалі каркас покрили металевими листами товщиною 0,45 мм та пофарбували. Прикріплення листового металу здійснили за допомогою алюмінієвих заклепок. Набір

зубчастих передач, мотор та вали змонтували та встановили на підготовний каркас. Рухомі механізми, вали та мотор закрили металевим кожухом, виготовленим з листового металу.

Виготовлення дослідної моделі пристрою. Корпус та інші елементи пристрою (версія 1.2.) виготовлено з застосуванням адитивних технологій (3D-друк) (Lazebny et al., 2020). Для виготовлення корпусу застосували міцний полімер ABS про. Захисну камеру, яка контактує з продуктом виконали з екологічного PLA-пластику. Елементи збірних валів пристрою виконали з нержавіючої сталі відповідно до розроблених креслень із застосуванням лазерної різки металу. Металевий каркас пристрою виконано із сталі з отворами для кріплення, набору зубчастих передач, двох електромоторів, двох пар збірних валів, захисної камери та корпусу пристрою і ручки.

Випробування пристрою проводили на кафедрі стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції Національного університету біоресурсів і природокористування України. Для випробування пристрою (версія 1.1) використовували сітки покриті прополісом та зібрані з пасіки авторів у Київській області, Україна. Надалі для випробування пристрою (версії 1.2.) отримали 75 сіток покритих прополісом різного типу з пасічницьких господарств України, загалом із 24 областей України.

Для теоретичного дослідження піднятої проблематики було проаналізовано наукову та нормативно-технічну інформацію, що дало змогу систематизовано та узагальнено підійти до логічної обробки отриманих даних із метою одержання їхнього нового трактування. Аналіз та синтез наукової інформації проводили методом (Torraco, 2005) із використанням наукометричної бази Springer та пошукового інструменту Google Scholar.

Матеріалами для дослідження слугували вимоги Статті 1308 bis Аргентинського продовольчого кодексу «Прополіс та включення технічних специфікацій», додатку VII «Про регулювання ідентифікації та якості екстракту прополісу», нормативної інструкції № 11 від 20.10.2000 р. Міністерства сільськогосподарства Бразилії, стандартів «Propolis – kit pszczeli PN-R-78891»,

NOM-003-SAG/GAN-2017 «Прополіс, виробництво та специфікації для його переробки», DEAS 990:2019 «Бджолиний прополіс – специфікація», ДСТУ 4662:2006 «Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови».

Науковою гіпотезою дослідження є: підтверджене наукове обґрунтування необхідності розроблення нового національного нормативного документа щодо безпечності та якості прополісу, відповідно до міжнародних регламентів, що надалі сприятиме реалізації прополісу на світовому ринку; відповідність імпорту особливо цінних типів прополісу національному законодавству України.

Визначення продуктивності розробленого пристрою для збору прополісу за допомогою сіток EVA проводили у такий спосіб: організували експеримент зі збору прополісу новим методом у різних регіонах України; сформували групи піддослідних бджолиних сімей у пасічних господарствах різних регіонів України; розмістили сітки для збору прополісу та маніпулювали ними відповідно до розробленого способу; провели виробничі випробування пристрою для збору прополісу; визначили та виміряли параметри продуктивності пристрою; визначили ефективність роботи пристрою; розробили рекомендації з використання пристрою для збору прополісу новим методом.

Для отримання зразків прополісу за новою технологією було задіяно 3 бджолині сім'ї та розміщено 3 сітки (ТМ Stanz Pres, за декларацією виробника відповідає Регламенту Комісії (ЄС) № 10/2011 від 14 січня 2011 року) розміром 20×39 см. Для отримання зразків за класичними технологіями задіяно:

- 3 бджолиних сім'ї для розміщення 3 пластикових решіток розміром 180×245 мм (Львівська обл.);
- 6 зразків з використанням антимоскітних сіток розмірами 495×410 мм (Полтавська й Тернопільська обл.).

Отвори сіток вимірювали з використанням стереомікроскопа ТМ Konus Crystal 7x-45x (Італія) та відеокамери ТМ Sigeta CMOS 5100, 5.1Мр (Україна) із програмним забезпеченням ToprTek ToprView (версія 4.11.19728.20211022).

Сітки (ТМ Stanz Pres), пластикові решітки для збору прополісу та антимоскітні сітки охолоджували перед очищенням за +5° С протягом 60 хв.

Сітки (TM Stanz Pres) очистили на пристрої (Dvykaliuk & Adamchuk, 2021), а пластикові решітки для збору прополісу (пасічницька стамеска) та антимоскітні сітки (деформація руками) очистили класичним способом.

Дослідження ремонтнопридатності пристрою здійснювали згідно з:

– ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків» (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT);

– ДСТУ EN 60204-1:2015 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги» (EN 60204-1:2006; A1:2009; AC:2010, IDT), зі зміною;

– ДСТУ EN 61310-2:2017 «Безпечність машин. Позначення, маркування та приведення в дію. Частина 2. Вимоги до маркування» (EN 61310-2:2008, IDT; IEC 61310-2:2007, IDT);

– ДСТУ prEN 1672-1-2001 «Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки і гігієни. Основні положення. Частина 1. Вимоги щодо безпеки» (prEN 1672-1_1994, IDT), з поправкою.

Методика організації досліджень для випробування пристрою для одержання прополісу. На семи пасічницьких господарствах, що розміщені у Черкаській, Полтавській, Тернопільській, Хмельницькій, Житомирській областях було відібрано бджолині сім'ї та сформовано 7 дослідних груп (рис. 2.2).

У такий спосіб нам вдалося задіяти господарства, які знаходилися поза межею ведення активних бойових дій. Власниці всіх пасічних господарств були жінки, представниці ГО «Фундація жінок пасічниць». Кожна група налічувала 10 бджолиних сімей. Всі сім'ї були підготовлені відповідно до зоотехнічних методів досліджень методом груп-аналогів, тобто вирівняні за кількістю розплоду, корму, системою утримання, комплектацією вуликів, віком маток та розміщені на одному точку.



Рис. 2.2. Територіальне розміщення пасічних господарств

Усі сім'ї були в робочому (не ройовому, без видимих ознак хвороб) стані. Схему досліджень наведено на рис. 2.3. Для збору прополісу використовували спеціальні сітки (TM Stanz Pres) розміром 20×39 см, які розміщували над гніздом. Загалом апробовано 70 сіток. Календарний план маніпулювання сітками був загальним для усіх господарств (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Календарний план маніпулювання сітками для збору прополісу

№	Вид робіт	Дата
1	Розміщення у гнізді	15.06.2022
2	Контрольний огляд 1	25.06.2022
3	Планове зміщення 1	02.07.2022
4	Контрольний огляд 2	12.07.2022
5	Знімання та пакування	25.08.2022
6	Надсилання	26–30.08.2022
7	Зберігання упакованих в поліетиленові пакети сіток з прополісом у приміщенні лабораторії	30.08.–20.10.2022
8	Очищення на пристрої	20–27.10.2022

Сітки у всіх господарствах розмістили з 15 червня 2022 року по 25 серпня 2022 року. Отже, активний період збирання прополісу становив 70 днів. Надалі сітки зібрано та упаковано в поліетиленові пакети та відправлено на фізико-хімічні дослідження.

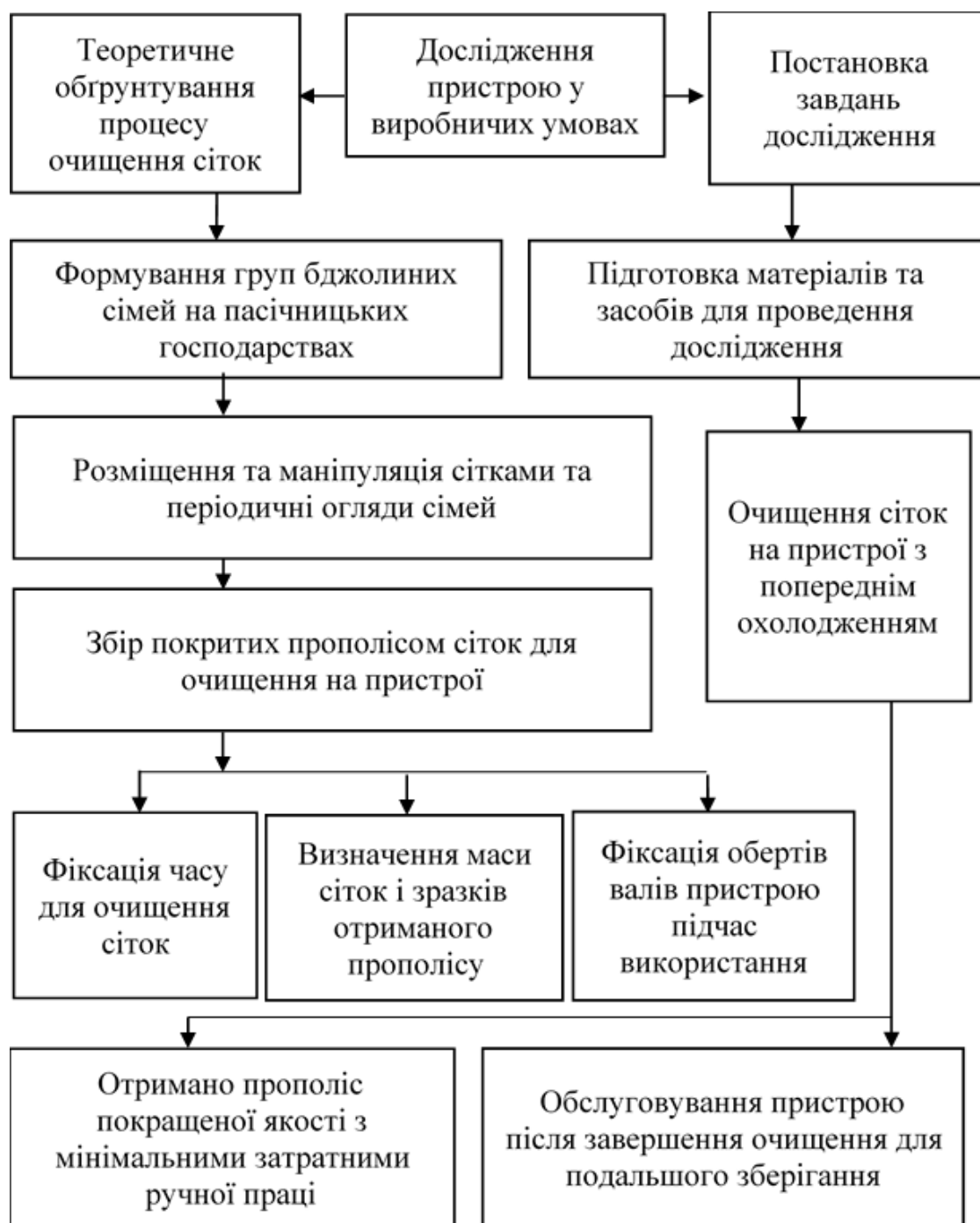


Рис. 2.3. Схема дослідження продуктивності пристрою в умовах пасічних господарств різних регіонів України

Випробування зразків прополісу стандартизованими методами. Дослідження зразків прополісу виконували на базі Лабораторії методів оцінки якості та безпечності продукції бджільництва (Сертифікат визнання вимірвальних можливостей № ПТ–285/22 від 12.12.2022) Національного

наукового центру інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича (Київ, Україна) стандартними методами (ДСТУ 4662:2006).

Масову частку воску, механічних домішок та флавоноїдів зразків прополісу досліджували відповідно до стандартних методів ДСТУ 4662:2006, та статистично обробляли з використанням засобів Microsoft Excel.

Статистичні дослідження. Отримані результати дослідження аналізу накопичення прополісу у засобах його збору обробляли статистичними методами із використанням засобів MS Excel. У процесі роботи використовувалася мова програмування R – інструмент статистичних обчислень та візуалізації даних з розширеною функціональністю, що підтримується більшістю операційних систем. Для статистичної обробки даних було завантажено пакет «multcomp», а для їх візуалізації – пакет «ggplot2». Для статистичної обробки даних використовували тест Тьюкі (Tukey HSD, Tukey's Honestly Significant Difference Test), попередньо перевіряючи їх розподіл на нормальність за допомогою квантильних графіків.

Статистичну обробку даних основних факторів, що впливають на процес очищення сіток від прополісу здійснювали з використанням бібліотек та модулів мови програмування Python. Для роботи з даними у табличному форматі використали бібліотеку «pandas», що дозволяє завантаження, обробку та аналіз даних у форматі DataFrame. Візуалізацію даних і побудову графіків виконували з використанням бібліотеки «seaborn» на основі matplotlib. Для обчислення фактора інфляції дисперсії (VIF) для оцінки мультиколінеарності між змінними у регресійних моделях використовували функцію `statsmodels.stats.outliers_influence.variance_inflation_factor` яка входить у бібліотеку «statsmodels». Обчислення коефіцієнта кореляції Пірсона та коефіцієнта кореляції Спірмена відповідно виконували з використанням функцій «`scipy.stats.pearsonr`» та «`scipy.stats.spearmanr`», які входять в бібліотеку «`scipy.stats`» мови програмування Python. Google Colab (Colaboratory) було використано, як безкоштовне хмарне середовище для виконання коду мовою програмування Python, яке надається компанією Google та базується

на середовищі Jupyter Notebook, що дозволяє користувачам створювати та використовувати ноутбуки (файли з розширенням .ipynb) безпосередньо у веб-браузері.

Метод лазерної тахометрії. Оберти валів пристрою для очищення сіток вимірювали електронним лазерним тахометром ТМ Benetech, модель GM8905, версія GM8905-EN-02 ($\pm 0,1\% n+5d$) (Ashouri et al., 2022). Для цього не один із валів пристрою розміщували відбиваючу мітку розміром 10×5 мм. Вимірювання проводили під час роботи пристрою в холостому ході, а також під час очищення охолодженої сітки з прополісом та таких, які не були у використанні. Усереднені дані отримані під час вимірювання заносили у журнал дослідів для подальшого аналізу (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Зображення електронного лазерного тахометра ТМ Benetech з фіксацією показника обертів валів пристрою у холостому ході

Для забезпечення стабілізації напруги в електромережі під час вимірювання обертів валів і швидкості втягування сітки використовували стабілізатор напруги LVT АСН-250 (Україна).

Температуру в приміщенні та у холодильній камері вимірювали електричним термометром ТМ Нті, модель НТ-9815 ($\pm 2^\circ \text{C}$), з використанням термопар К-типу, серія GJ0478-1 ($\pm 2,5^\circ \text{C}$) (Ang et al., 2022) (рис. 2.5.). Час

фіксували електричним секундоміром із записом в електронний журнал результатів.



Рис. 2.5. Зображення електронного термометром ТМ Нті, модель НТ-9815

Примітка. Канали T_1 , T_2 відображають зовнішню температуру у приміщенні лабораторії де здійснюється очищення сіток; T_3 , T_4 – відображають показники температури в холодильній камері підчас охолодження сіток перед їх очищенням

Масу прополісу визначали електронними вагами модель SF-400C($\pm 0,1$ г) (Eghbali & Sharifi, 2020). Кожну одиницю зважували тричі, застосовуючи тарування обнулінням показників електронних ваг (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Зображення процесу зважування сіток покритих прополісом та зразків прополісу із використанням електронних ваг SF-400C

Розміри конструктивних елементів пристрою під час проектування, виготовлення та дослідження вимірювали з використанням штангенциркуля Miol Premium з електронним відліком 150 мм ($\pm 0,01$ мм) (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Зображення процесу вимірювання розмірів зубчатого колеса редуктора пристрою з використанням штангенциркуля

Випробування на розрив (межа міцності). Випробування сіток на розрив виконували в лабораторії компанії ТОВ «ЕЛТЕСТ» (02094, м. Київ, вул. Магнітогорська 1) (рис. 2.8).

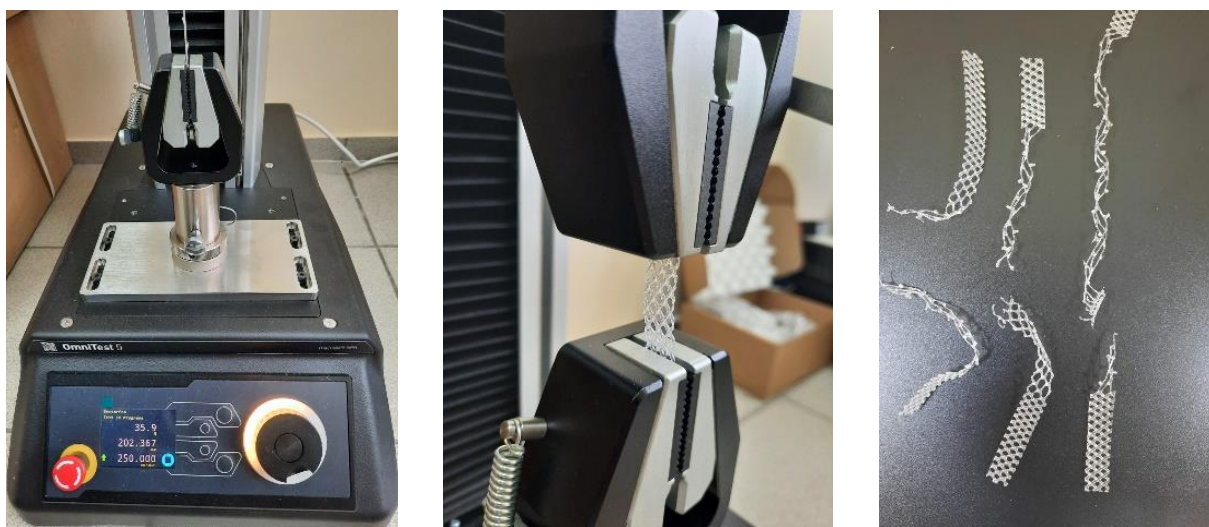


Рис. 2.8. Зображення процесу вимірювання міцності сітки для збору прополісу на розрив з використанням одноколونкового тестера матеріалів OmniTest 5

Три смужки сітки розміром 10x20 мм закріплювали по черзі в одноколонковому тестері матеріалів OmniTest 5 (Mecmesin) для тестування. Точність $\pm 0,5\%$ від показання, клас 0,5 відповідно до ISO 7500-1, діапазон 0,01–

1200 мм/хв (0,0004–47,2"/хв). Програмне забезпечення для обліку отриманих результатів –VectorPro MT.

Мікроскопічні дослідження. Мікроскопічне дослідження утворень з прополісу в сітках, вимірювання площі отворів засобів для збору прополісу та розміру капель прополісу в колекторах проводили за допомогою мікроскопа ТМ Konus Crystal 7x-45x (Італія) та відеокамери ТМ Sigeta MCMOS 5100, 5.1Мр (Україна) із програмним забезпеченням TourTek TourView (версія 4.11.19728.20211022) (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Зображення мікроскопу Konus Crystal з камерою ТМ Sigeta MCMOS 5100

Форму утворень прополісу досліджували на всіх сітках задіяних у дослідженнях з 36 господарств. У пасічницькому сезоні 2020 року використано 26 господарств в Україні, випробувано 78 сіток покритих прополісом з використанням пристрою. У пасічницькому сезоні 2021 року було задіяно 3 пасічницьких господарства та досліджено 12 зразків прополісу зібраного з використанням 4 видів засобів для збору. Підчас пасічницького сезону 2022 року проведено апробацію роботи пристрою та задіяно 7 пасічницьких господарств

у різних регіонах України де зібрано по 10 зразків сіток з прополісом для випробування пристрою, досліджено 7 усереднених зразків прополісу.

Висновки до розділу 2

Теоретичну і методологічну основу дослідження становлять фундаментальні положення технічних наук, зокрема процесів та обладнання для харчових виробництв. Використано загальні та спеціальні наукові методи, а саме: аналітичний, абстрактно-логічний, конструкційний, статистичний, мікроскопічний, фізико-хімічні, обробка даних, фізико-математичне моделювання, 3Д-моделювання.

Під час наукового дослідження з різних регіонів України задіяно 36 пасічних господарств та 3 підприємства з виробництва прополісу та харчових продуктів з нього. Загалом випробувано 150 сіток (EVA) покритих прополісом з використанням розробленого обладнання. Для дослідження якості отриманого продукту зібрано 70 зразків прополісу та проведено 7 усереднених випробувань за регіональною приналежністю.

Впровадження здійснено на трьох господарствах – ТОВ «Апіпродукт», ТОВ «Київоблбджолопром», ФГ «Сила природи».

РОЗДІЛ ІІІ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СІТОК ТА РОЗРОБЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ

3.1. Аналіз, інтенсифікація та оптимізація процесу одержання прополісу

3.1.1. Оптимізація режимних та конструктивних параметрів обладнання на підґрунті дослідження біологічних інстинктів бджіл. Дослідження етології медоносних бджіл підчас прополісування гнізда та засобів для збору прополісу проводили, як на власній пасіці автора в Київській області, так і із залученням пасічників в Україні. У 2020 році нами було залучено 27 пасічницьких господарств із 24 областей України, щоб дослідити збір прополісу з використанням 70 сіток та етологію бджіл підчас відкладання прополісу. У 2022 році нами було залучено 7 господарств в Україні для повторення досліду. Всі ці дослідження окрім аналізу продуктивності та оцінки виробничої придатності були направлені на підтвердження гіпотези про порядок відкладання прополісу медоносними бджолами у сітках.

За результатами спостереження ми прийшли до висновку, що медоносні бджоли після розміщення сіток у гнізді намагаються мандибулами їх розгризти та видалити із гнізда як чужорідний предмет. Ці висновки зроблені на основі спостережень авторів, а дії бджіл супроводжуються характерними звуками. Надалі розрідженим прополісом покриваються всі частини сітки (рис. 3.1, А). Відкладання прополісу медоносні бджоли здійснюють спочатку по периметру отвору сітки або решітки з подальшим його відкладенням у центрі (рис. 3.1, Б).

Важливим з позиції продуктивності є те, що під час відкладання прополісу в отворі як сіток, так і решіток медоносні бджоли формують із прополісу і воску утворення, що має напівсферичну форму (рис. 3.2, А, Б).

У випадку коли над сіткою або решіткою розміщені плівки, утеплювачі медоносні бджоли приклеюють їх до сітки по периметру отвору (рис. 3.2, В).

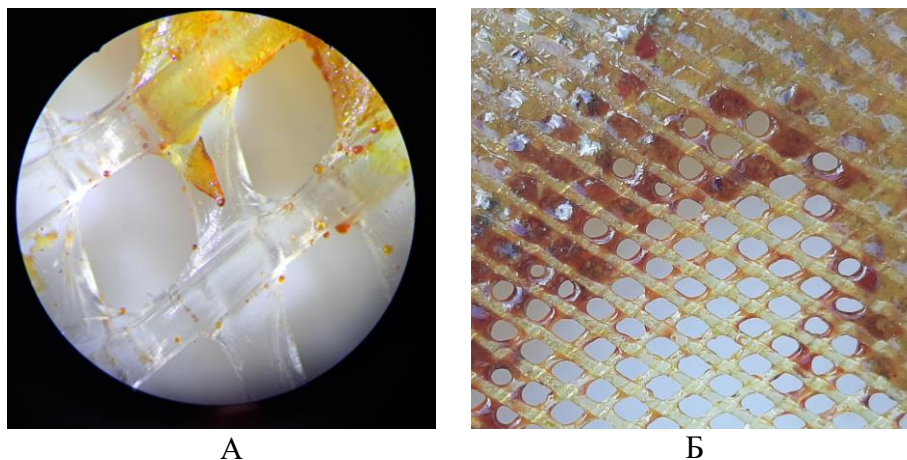


Рис. 3.1. Послідовність відкладання прополісу медоносними бджолами

Примітка. А – сітка покрита прополісом у формі капель під мікроскопом (ок. х 20, об. х 1,4); Б – сітка з закритими отворами прополісом повністю та частково, що відображає послідовність відкладання прополісу медоносними бджолами. Фото автора (2019–2022)

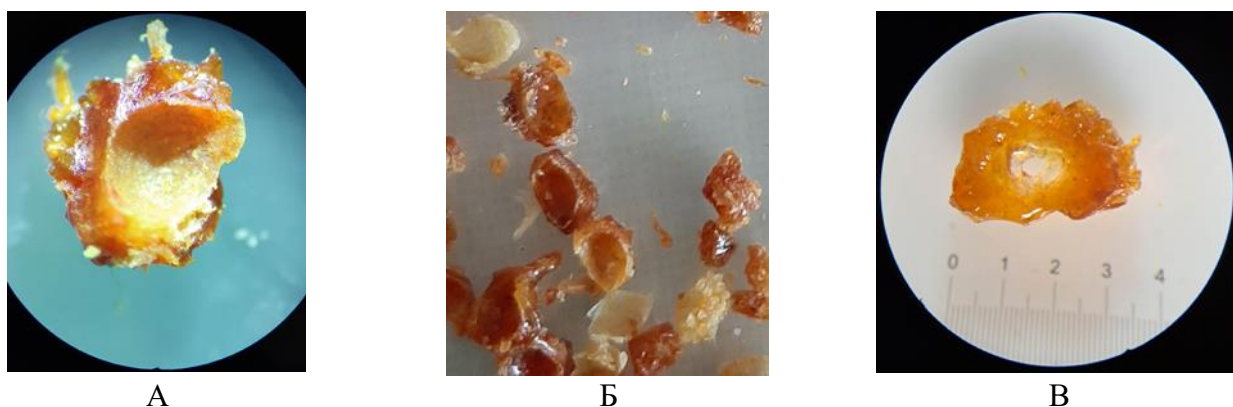


Рис. 3.2. Утворення з прополісу сформовані медоносними бджолами у отворах сітки

Примітка. А – повноцінне утворення з прополісу сформоване медоносними бджолами у отворі сітки під об'єктивом мікроскопу (ок. х 20, об. х 1,4); Б – утворення з прополісу сформовані в отворах сітки отримані підчас їх очищення на пристрої; В – утворення з прополісу з отвором в середині, що сформовано бджолами з прополісу не до кінця (ок. х 20, об. х 1,4). Фото автора (2020–2022)

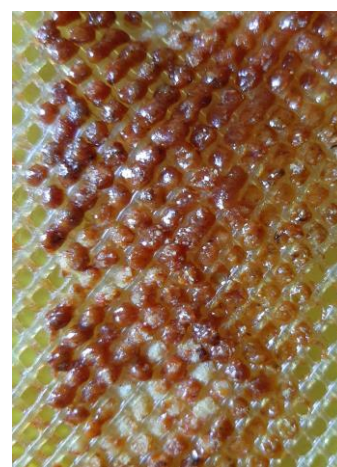
З тієї сторони де бджоли мають доступ до сітки і отворів у ній, незалежно від вертикального чи горизонтальної її розміщення, утворення мають виїмку (рис. 3.3, А). Там де медоносні бджоли не мають з іншої сторони доступу –

утворюються напівсферичні виступи (рис. 3.3, Б). У випадку коли над сіткою або решіткою розміщені плівки, утеплювачі медоносні бджоли приклеюють їх до сітки по периметру отвору (рис. 3.2, В).

З тієї сторони де бджоли мають доступ до сітки і отворів, незалежно від вертикального чи горизонтальної її розміщення, утворення мають виїмку (рис. 3.3, А). Там де медоносні бджоли не мають з іншої сторони доступу – утворюються напівсферичні виступи (рис. 3.3, Б).



А



Б

Рис. 3.3. Зображення сітки з відкладеним прополісом з обох сторін

Примітка. А – сторона сітки до якої бджоли мали доступ для відкладення прополісу; Б – зворотня сторона сітки до якої доступ бджіл був відсутній.

У випадку якщо бджоли мають доступ з обох сторін сітки відкладений прополіс буде мати форму пластини, що заповнює отвір. Під час маніпулювання сітками пасічникам слід розміщувати сітки однією і тією ж стороною до гнізда бджіл. В іншому випадку бджоли перенесуть уже відкладений прополіс і тим самим зменшать наповненість отвору сітки і загалом вагу зібраного прополісу. Ці особливості поведінки бджіл були враховані під час проектування збірних валів пристрою для очищення сітки.

Під час наукового пошуку нових колекторів для збору прополісу нами було розроблено три тестові колектори (рис. 3.4.). Враховуючи те, що під час

класичного очищення гнізда пасічницькою стамескою основними механічними домішками є частинки деревини (використано тверду породу дерева – акацію (*Robinia pseudoacacia* L.)). Колектор складається з набору планок товщиною 6 мм, довжиною 400 мм і шириною 20 мм. Гіпотеза полягала у тому, що медоносні бджоли, маючи схильність до прополісування щілин, мають відкладати прополіс між планками. Тестування колекторів цього типу показало значні затрати часу та зусиль на їх збирання. Планки деревини деформувались і в наслідок утворення щілин більше 4 мм були покриті воском. Відкладання прополісу у щілинах планок колекторів бджолами здійснювалось у формі тонкої плівки. Колектор у гнізді займає місце одного стільника і відповідно зменшує кількість стільників у стандартному вулику. Автоматизація процесу очищення планок передбачала б розроблення нового обладнання. Застосування такого типу колектора можливе, на нашу думку, після ретельного дослідження і відповідного доопрацювання з урахуванням поєднання з конструкціями будівельних рамок на пасіках де практикуються зоотехнічні прийоми боротьби з кліщем *Varroa*.



А

Б

В

Рис. 3.4. Тестування проєкту розбірного колектора

Примітка. А – колектор у зібраному стані після розміщення у бджолиному гнізді; Б – колектор у розібраному стані для оцінки кількості відкладеного прополісу; В – колектор у зібраному стані з відображенням відкладеного між планками прополісу. Фото автора (2020)

Підчас дослідження інстинктів прополісування гнізда нами було розроблено тестовий варіант колектора планшета. Колектор планшет виконаний

у формі прямокутної дерев'яної рами до якої з однієї сторони було прикріплено сітку, а з іншої плівку на відстані 4 мм. Ідея полягала у тому аби перевірити як пустота за сіткою впливає на накопичення прополісу. Водночас виключалась можливість покриття сітки пригасаючою плівкою і її приклеювання до сітки прополісом.

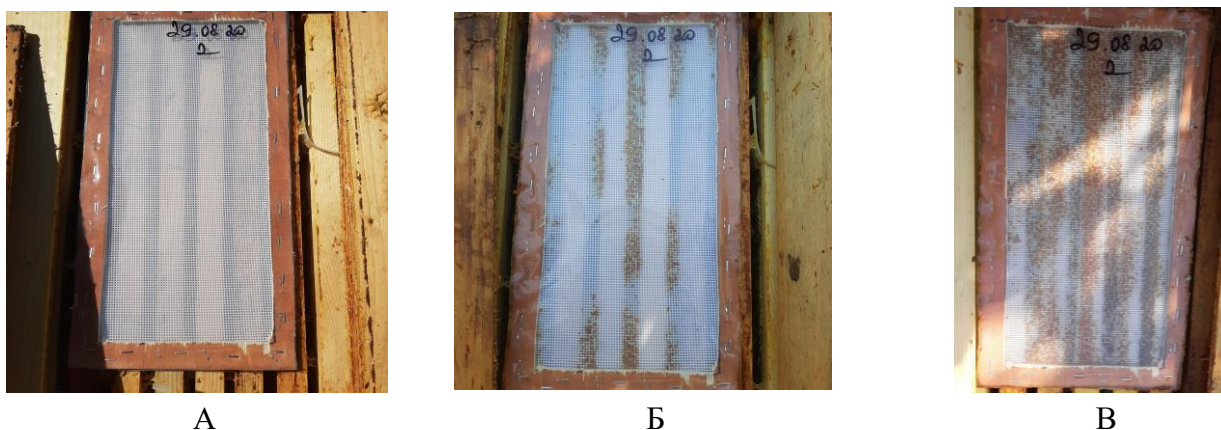


Рис. 3.5. Тестування колектора типу планшет. Фото автора (2020)

Примітка. А – колектор типу планшет під час розміщення у бджолиних сім'ях; Б – колектор типу планшет під час періодичного огляду бджолиних сімей; В – колектор типу планшет після завершення тестування

На рис. 3.5 відображені колектори планшети (А) після розміщення планшета у сім'ї, (В) після завершення тестуванні і (Б) під час огляду. Така форма колекторів є, на нашу думку, перспективною. Медоносні бджоли у отвори сітки розміром 1x1 мм заштовхували крихти прополісу і це збільшувало його накопичення. Такого типу колектори можуть бути надалі застосовані після доопрацювання. Слід розробити кріплення для фіксації сітки щоб їх можливо було швидко споряджати, а сітки замінювати під час їх заповнення прополісом.

З метою пошуку оптимальних способів збору прополісу та з огляду на результати 2019 р., де нами було доведено, що медоносні бджоли розріджують прополіс для покриття сіток, ми протестували вплив оброблених та не оброблених сіток на швидкість прополісування. Сітки розміром 100x100 мм були розміщені в бджолиних сім'ях по дві у кожній сім'ї. Одну

сітку ми обробили 70 % етиловим екстрактом прополісу, а іншу ні. Перед розміщенням оброблена сітка була витримана на відкритому повітрі для висихання етилового спирту 5 год. Для стимулювання бджіл до відкладання прополісу ми покрили сітки плівкою та зробили отвори для проникнення світла як стимулу для пришвидшення прополісування.

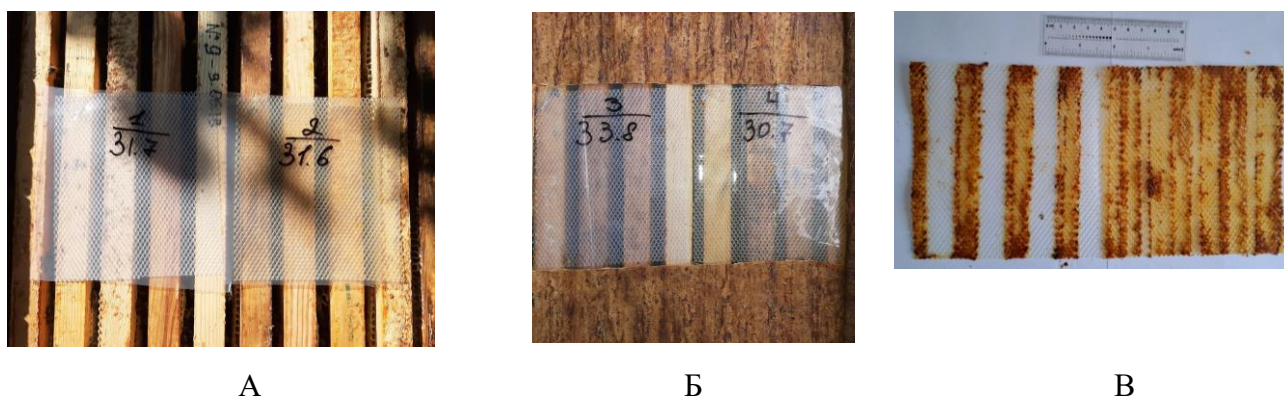


Рис. 3.6. Тестування покритих сіток етиловим екстрактом прополісу та не покритих із стимулюванням світлом

Примітка. А – зліва сітка не покрита, водночас справа сітка покрита розчином прополісу у етиловому спирті; Б – зліва сітка не покрита, водночас справа сітка покрита розчином прополісу у етиловому спирті з відображенням порядку розміщення; В – зліва сітка не покрита, водночас справа сітка покрита розчином прополісу в етиловому спирті після завершення тестування. Фото автора (2020)

Наші припущення полягали в тому, що, згідно з результатами наших досліджень, медоносні бджоли розріджують прополіс до рідкого стану і покривають сітки перед тим, як відкладати прополіс у отворі. Для того щоб сприяти прискоренню цього процесу, слід покрити сітки екстрактом прополісу, що зі свого боку змусить бджіл перейти до наступного етапу поведінки (рис. 1.1, А, Б, В). За візуальною оцінкою відкладання прополісу і результатами порівняння кожних двох сіток у трьох бджолиних сім'ях ми прийшли до висновку, що покриття немає значного видимого впливу на результат відкладання прополісу. Водночас ця гіпотеза потребує додаткової перевірки

з більшою кількістю бджолиних сімей у одній дослідній групі та виходить за тему запланованого наукового дослідження.

Конструювання колекторів. Спроекували та виготовили колектори, які виконані з дерева у формі вуликової рамки на яких з обох боків металевими скобами прикріпили сітку з етиленвінілацетату (виробник: Stanz Press (Німеччина)) з урахуванням таких конструктивних особливостей (рис. 3.7):

- 1) колектор тип 1 (Т1): верхня планка суцільна без отворів (рис. 3.7, Т1);
- 2) колектор тип 2 (Т2): верхня планка суцільна у яку вмонтовано пластикову вставку з гнітом довжиною 10 см; один кінець гніту розміщений у середині колектора між двома сітками, а інший – виведений над зовнішньою планкою для його зволоження ефірною олією без розбирання гнізда (рис. 3.7, Е);
- 3) колектор тип 3 (Т3): верхня планка суцільна у якій виконано отвір шириною 2 см і довжиною 32 см (рис. 3.7, F).

Розміри всіх колекторів такі: ширина 41 см., висота 31 см., товщина 4 см. Розміри розміщених сіток: довжина 40 см., ширина 30см., розмір отворів сіток: 2x2 мм, товщина сіток 1,5 мм, вага сіток 460 г/кв.м.

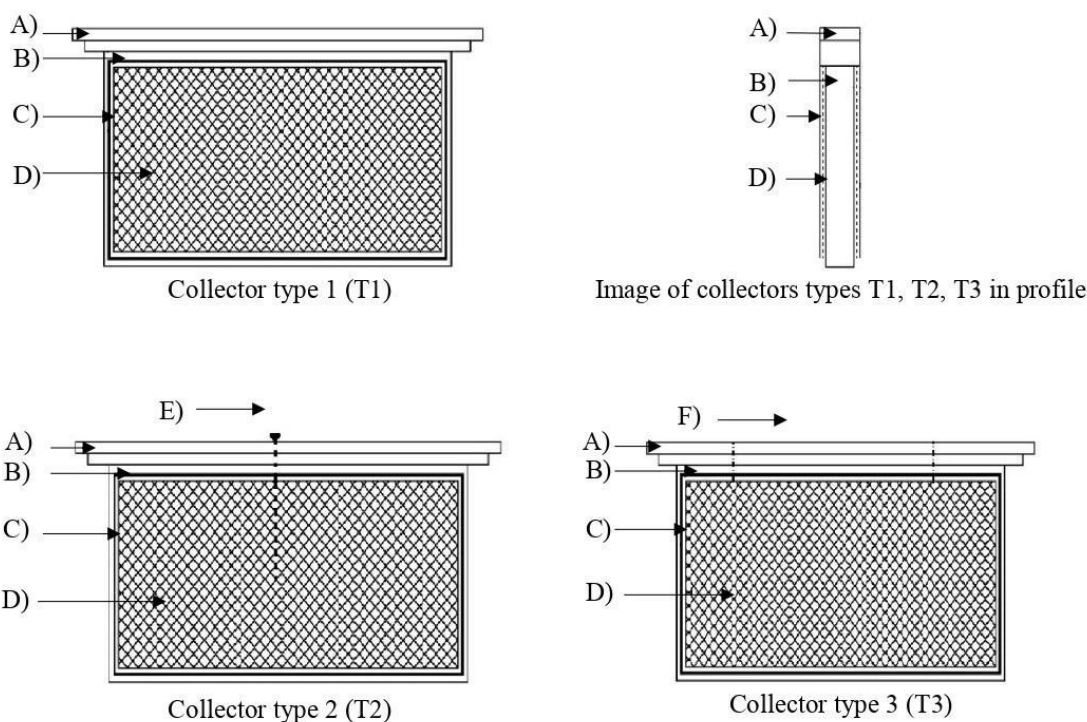


Рис. 3.7. Графічне зображення колекторів трьох типів

Примітка. А – дерев'яна стелина прикріплена до каркасу колекторів; В – дерев'яний каркас колекторів; С – місце прикріплення сіток металевими скобами до каркасу колекторів; D – сітка виготовлена з етилвінілацетату; Е – металева лійка з введеним гнітом для змочування його ефірною олією; F – наскрізний отвір у верхній частині колектора

Верхні планки колекторів виконані так, що, закриваючи гніздо бджіл у вулику дерев'яними стелинами, верхня частина планки колектора була на одному рівні зі стелинами. Це давало можливість виключити потрапляння бджіл у середину колектора Т3, а також зволожувати гніт у колекторі Т2 без необхідності розбирати стелини та змушувати бджіл прополісувати щілини між стелинами кожного разу під час огляду. Такий підхід дає можливість орієнтуватись на місце розміщення колекторів по їх верхній планці без розбирання гнізда.

За результатами проектування та конструювання колекторів було отримано Патент на корисну модель № 139422 від 10 січня 2020 року «Колектор для одержання прополісу від бджолиних сімей» (Україна).

3.1.2. Дослідження процесу накопичення прополісу у гніздах та пристроях. Бджоли розчиняють свіжепринесений та наявний у гнізді прополіс маніпулюючи ним мандибулами та з додаванням ферментів мандибулярних залоз. Ці ж ферменти бджоли застосовують для розчинення воску під час будівництва стільників (Örösi-P'1, 1957). Saccardi et al. (2022) за результатами дослідження дійшли висновку, що фермент, який змащує мандибули медоносних бджіл, зменшує адгезію прополісу в чотири рази порівняно з поверхнею, де немає цього ферменту. Крайовий кут змочування ферментом поверхні мандибул $<30^\circ$, що засвідчує олеофільну поверхню мандибул. Рельєф поверхні мандибул сприяє змочуваності її ферментами.

Випробування колекторів. Виготовленні колектори Т1, Т2, Т3 розмістили у сім'ях дослідних груп між кормовою та розплідною частиною гнізда бджіл. Під час першого огляду було виявлено, що медоносні бджоли покривають прополісом місця стиків дерев'яних частин колекторів. Спочатку у верхніх

частинах колекторів і послідовно до нижньої частини (рис. 3.8, А). За наступного огляду, через 14 днів від часу розміщення колекторів фіксували відкладання бджолами прополісу по периметру сіток у зоні де вони прикріплені та прилягають до дерев'яних частин колектору (рис. 3.8, А). Це відбувалося так, що бджоли приклеювали сітку до колекторів прополісом. Наступні огляди колекторів, через 28 днів, показали, що відкладання прополісу у сітках відбувається зверху в низ та з лівого і правого верхнього кута колектора до середини верхньої частини колектора. Випробування колекторів завершено на 108 день з моменту розміщення їх у гніздах бджіл (01.09.2019 р.). У результаті огляду колекторів виявили, що прополіс на розміщених у них сітках відкладений бджолами половою, зовнішні контури якої у формі арки (рис. 3.8, В). Нашими спостереженнями доведено, що інтенсивність прополісування сіток у колекторах у кожній із дослідних сімей була різною, а послідовність однакова.

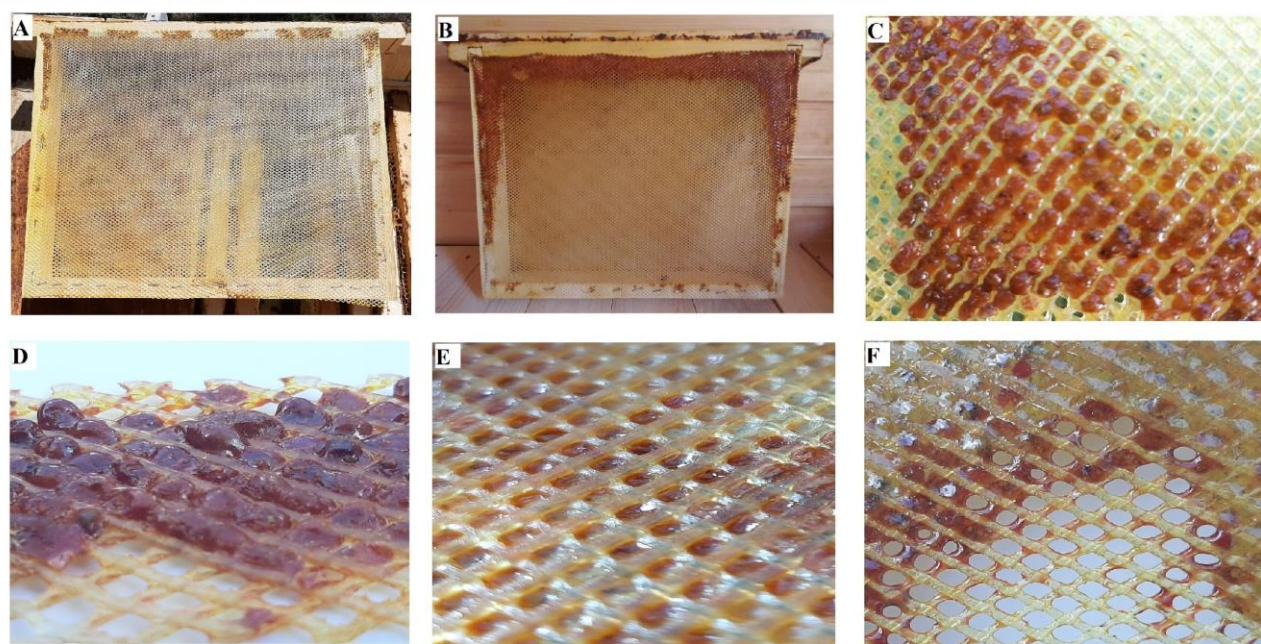


Рис. 3.8. Зображення послідовності відкладання прополісу медоносними бджолами у колекторах та його частинах

Примітка. А – дерев'яний колектор під час першого огляду з моменту розміщення; В – дерев'яний колектор з відкладеним у сітці прополісом після завершення дослідів; С – сітка з відкладеним прополісом із внутрішньої сторони колектора; D – сітка з відкладеним прополісом з внутрішньої сторони колектора зображена під кутом; Е – сітка з прополісом

із зовнішньої сторони колектора куди бджоли мали доступ; F – сітка з прополісом, що відображає послідовність відкладання прополісу у отворах сітки

Візуальний огляд сіток пристроїв дав розуміння порядку відкладання прополісу у кожній окремо взятій комірці. Прополіс медоносними бджолами прикріплюється по периметру комірки сітки у довільній послідовності. Після обклеювання периметру для остаточного закриття комірки сітки бджоли відкладали прополіс у її центрі (рис. 3.8, F). Сітки з відкладеним на них прополісом мають лицьову і виворітну сторону (рис. 3.8, C, D, E, F). Зі сторони де бджоли мали доступ до площини сітки і відкладали прополіс у кожній комірці ми спостерігали виїмки (рис. 3.8, E), а з виворітної сторони сітки відкладений прополіс мав сферичну форму (рис. 3.8, C, D).

Після завершення пасічницького сезону 2019 року колектори були вилучені з гнізд дослідних груп бджолиних сімей не залежно від повноти запрополісованості сіток. Сітки були зняті з колекторів. Під час візуального огляду частин колектора на нижній планці пристроїв спостерігали частини прополісу (рослинні смоли) у формі сидячих капель сферичної форми різного діаметру та крихти воску. Термін «сидяча» капля використовують у описі статичних методів, як один із методів визначення поверхневого натягу рідин (Мчедлов-Петросян та ін., 2012).

Ми припускаємо, що медоносні бджоли покривали комірки прополісом розрідженим ферментами мандибулярних залоз з використанням ротового апарату. Під час цього він був настільки рідкий, що утворював каплі різного об'єму які падали і зосередились у низу колектора між двома сітками. Оскільки колектори були виготовлені так, що бджоли не мали доступу до капель прополісу, для їх можливого повторного переносу у гніздо нам вдалось їх отримати для подальшого мікроскопічного дослідження. Наша теорія розрідження складових прополісу бджолами за допомогою ферментів перед його формуванням до постійного складу чи використання у гнізді потребує подальшого дослідження.

Сконструйовані колектори можуть слугувати для подальших досліджень етології бджіл за накопичення прополісу в гнізді. Використання різного типу матеріалів сіток у колекторах дасть більш широке розуміння процесу накопичення прополісу у гніздах медоносних бджіл. Нові знання з процесу накопичення прополісу у засобах його збору сприятимуть подальшому удосконаленню процесу їх очищення.

Мікроскопічне вимірювання крапель. У ході мікроскопічного дослідження було визначено форму та діаметр крапель прополісу, локалізованих на дерев'яних планках у кожній з трьох дослідних груп бджолиних сімей (залежно від типу колектора, встановленого у вулику). Частинки прополісу в усіх піддослідних бджолиних сім'ях мали напівсферичну форму та більш-менш рівномірно розподілялися на оберненій до гнізда поверхні планки. Прополіс мав неоднорідну структуру без гранул та нагадував смолисту масу з невеликим ступенем крихкості (рис. 3.9).

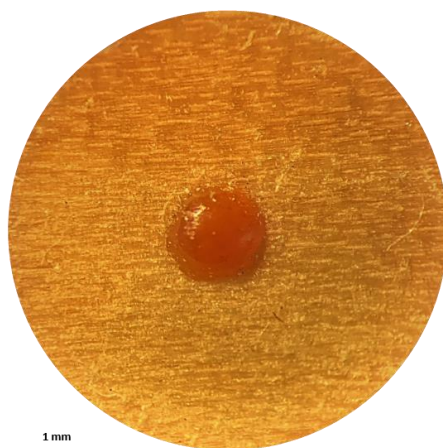


Рис. 3.9. Загальний вигляд краплі прополісу, розміщеної на дерев'яній планці

Примітка. ок. x 8, об. x 4

Різний діаметр краплі ймовірно зумовлений різною консистенцією та об'ємом смоли під час маніпулювання бджолами нею. Створення штучного протягу у вулику з використанням колектора з отвором супроводжувалося збільшенням абсолютного діаметра крапель прополісу, водночас використання

ароматичного подразника не впливало на розмір крапель. Отже, створення штучного протягу активує інстинкт бджіл до відновлення гомеостазу гнізда шляхом прополісування отворів (Додаток Д).

Статистичний аналіз розміру крапель. Для визначення діаметра крапель прополісу спочатку проводили дослідження бджолиних сімей першої (контрольної) групи, куди увійшли бджолині сім'ї № 1, № 2 та № 3 (рис. 3.7, колектор тип 1). Діаметр крапель прополісу, отриманих від бджолиних сімей № 1 з глухим колектором (Т1), варіював від 42,9 мкм для найменшої краплі до 1,0857 мм для найбільшої краплі прополісу ($Me=185,7$ мкм), другої бджолиної сім'ї цієї ж групи – від 57,1 мкм до 1,4429 мм ($Me = 335,7$ мкм), третьої – від 57,1 мкм до 1,5 мм ($Me = 221,4$ мкм). Порівнюючи діаметр крапель між бджолиними сім'ями, показники розміру крапель у бджолиній сім'ї № 2 достовірно відрізнялися ($\alpha=0,05$, Tukey HSD) від аналогічних значень у бджолиних сім'ях № 1 ($p=0,046$, Tukey HSD) та № 3 ($p=0,011$, Tukey HSD) (рис. 3.10).

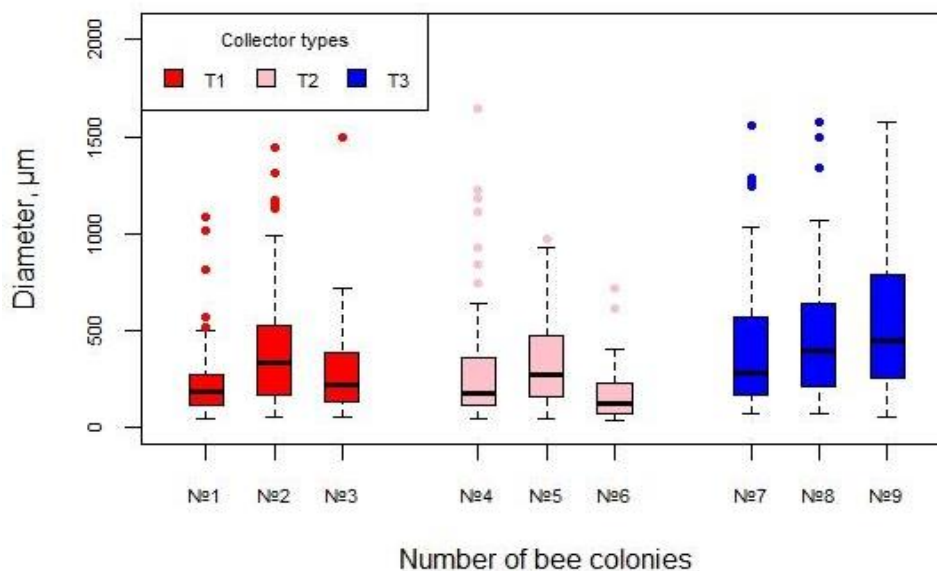


Рис. 3.10. Візуальна оцінка та порівняння діаметра крапель прополісу між бджолиними сім'ями по групах

Далі досліджували діаметр крапель прополісу, отриманих із бджолиних сімей другої групи (бджолиної сім'ї № 4, № 5 та № 6) (рис. 3.7, колектор тип 2), де розташовували колектори для стимуляції бджіл ароматом ефірної олії (Т2). Одним із факторів, що стимулює бджіл до накопичення прополісу у гнізді є наявність різких подразнюючих сторонніх запахів, що і було покладено в основу модифікації колектора Т2. Dalio (2018) проведено дослідження із використанням мурашиної кислоти, як ароматичного подразника, що спонукає бджіл до відкладання прополісу, та доведено її вплив на збільшення прополісної продуктивності бджолиних сімей.

Діаметр крапель прополісу на планці від бджолиної сім'ї № 4 змінювався від 42,9 мкм до 1,6429 мм (Me=178,6 мкм), із бджолиної сім'ї № 5 – від 42,9 до 971,4 мкм (Me=271,4 мкм), бджолиній сім'ї № 6 – від 35,7 до 714,2 мкм (Me=121,4 мкм). Крім того, розмір крапель прополісу в бджолиній сім'ї № 4 достовірно відрізнявся ($\alpha=0,05$, Tukey HSD) від таких у бджолиних сім'ях № 5 ($p=0,004$, Tukey HSD) та № 6 ($p=0,007$, Tukey HSD).

Остання група включала бджолині сім'ї № 7, № 8 та № 9 (рис. 3.7, колектор тип 3), що містилися у вуликах зі штучно створеним протягом (Т3). Бджолина сім'я підтримує в гнізді мікроклімат, що необхідний для її нормальної життєдіяльності. Порушення мікроклімату бджолиного гнізда через утворення щілин та протягів зумовлює активацію інстинкту бджіл до його відновлення шляхом прополісування отворів (Breyer, 2016; Dalio, 2018). Цей факт і став основою модифікації колектора Т3. Діаметр крапель прополісу, отриманих від бджолиної сім'ї № 6, варіював від 71,4 мкм для найменшої краплі до 1,5571 мм для найбільшої краплі прополісу (Me=285,7 мкм), із бджолиної сім'ї № 8 – від 71,4 до 1,5714 мм (Me=392,9 мкм), бджолиної сім'ї № 9 – від 57,1 до 1,5714 мм (Me=450,0 мкм). Достовірної різниці за діаметром крапель прополісу серед бджолиних сімей третьої групи не було виявлено.

З огляду на вищезазначене, для порівняння розмірів крапель прополісу між групами бджолиних сімей за типом колектора було здійснено такий розподіл: до першої групи з типом колектора Т1 було включено бджолині сім'ї № 1 та № 3,

до другої групи (Т2) – бджолині сім'ї № 5 та № 6, до третьої (Т3) – було включено всі три бджолині сім'ї (№ 7, № 8 та № 9). Отже, було показано, що діаметр крапель у бджолиних сім'ях третьої групи статистично відрізнявся ($\alpha=0,05$, Tukey HSD) від такого у першій ($p=0,00001$, Tukey HSD) та другій ($p=0,00046$, Tukey HSD) групах. Між показниками розмірів крапель прополісу в групах Т1 та Т2 не було достовірної різниці ($p=0,45151$, Tukey HSD).

За допомогою критерія Тьюкі було встановлено статистично достовірне збільшення діаметра крапель прополісу серед бджолиних сімей третьої групи порівняно до аналогічних показників у першій та другій групах. Це може вказувати на найвищу ефективність використання стимулу відновлення мікроклімату в гнізді для збільшення прополісної продуктивності. Статистично достовірної різниці між показниками розмірів крапель прополісу в групах Т1 та Т2 не було виявлено.

Наявність доступних сіток для збору прополісу на ринку України.
Проаналізовано асортимент засобів для збору прополісу, які доступні на ринку України (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Основний асортимент засобів для збору прополісу представлених
на ринку України**

№	Назва засобу	Зовнішній розмір, мм	Продавець
1	2	3	4
1	Прополісозбірник (решітка)	140×250	Компанія «Парк Плюс» (https://parkplus.com.ua/)
2	Прополісозбірник секційний на 5 рамок (решітка)	185×470	
3	Пластикова решітка для збору прополісу (решітка)	420×500	
4	Прополісозбірник (решітка)	490×410	
5	Прополісозбірник на 10 рамковий вулик (решітка)	495×410	
6	Сітка для збору прополісу Stanz Press (сітка)	475×305	
7	Сітка для збору прополісу	420×340	Інтернет магазин «Улій Ін» (https://www.uley.in)

1	2	3	4
8	Прополісозбірник пластиковий	125×470	Інтернет магазин «Смак Меду» (https://smakmedu.com.ua)
9	Решітка для збору прополісу	490×410	Інтернет магазин «Бі Сіті» (https://beecity.com.ua)
10	Решітка для збору прополісу	190×470	

Примітка. *опрацьовано автором станом на 07.03.2023

Опрацьовано та згруповано матеріали за критеріями: назва засобу, зовнішні розміри, продавець, ринкова вартість, вартість у розрахунку на 1 см². Встановили, що на ринку України представлено 8 решіток виконаних із пластмас та 2 варіанти гнучких сіток. Вартість засобів для збору прополісу, що реалізуються на ринку України відповідає ціновому діапазону від 19,00 до 103,00 грн за одиницю*. Відповідно вартість засобів збору у перерахунку на м² в грн складає від 0,297 гривень до 0,711 грн.

За результатами аналізу засобів збору нами запропоновано використовувати еластичні сітки виробництва Stanz Press 200×390 мм. Відповідно, виходячи із вартості, сітка таких розмірів буде коштувати 71,79 грн за 1 шт. Сітки більших розмірів використовувати, на нашу думку, не доцільно оскільки значна частина її площі не доступна бджолам не слугує для відкладання прополісу. Крім цього сітки невеликих розмірів зручні у маніпулюванні та не вимагають великих розмірів холодильного обладнання для їх охолодження перед очищенням.

Отже, медоносні бджоли розріджують рослинну смолу під час виробництва і використання прополісу у гнізді. Консистенція розрідженого прополісу може бути різною, що пов'язано із необхідністю прополісування різних елементів гнізда. Час, кількість ферментів, що необхідно для такого розрідження та фізико-хімічні властивості смоли можуть впливати на прополісну продуктивність бджолиних сімей, потребують подальших досліджень. Вперше встановлено, що під час маніпулювання прополісу медоносні бджоли можуть

втрачати його частини внаслідок його розрідження за допомогою ферментів мандибулярних залоз.

Візуальна оцінка кількості прополісу у сконструйованих колекторах дає підстави припустити, що колектори не забезпечують отримання прополісу у значних обсягах. Водночас прополіс відкладений у сітках за зовнішнім виглядом не містив воску, що вказує на його високу якість та потребує додаткових досліджень розвитку цієї технології.

3.2. Науково-технічне обґрунтування розробки пристрою для очищення сіток з етил вінілацетату

Обґрунтування вибору сіток для нової технології виробництва прополісу. Враховуючи результати огляду засобів збору прополісу, комунікацію з пасічниками, аналіз каталогів виробників і реалізаторів пасічницького реманенту, ми прийшли до висновку, що засоби збору можна розділити на дві категорії – гнучкі та ті, що не підлягають деформації.

Очищення прополісу з засобів збору, враховуючи його фізичні властивості, відбувається шляхом механічного зчищення стамесками, ножами чи іншими предметами. У випадку, коли збір прополісу виконується еластичними сітками, очищення прополісу відбувається шляхом механічного згинання таких сіток руками після їх охолодження та зниження роботи адгезії прополісу.

Очищення прополісу з використанням рідин (розчинників) є недоцільним, оскільки це погіршує склад прополісу та є економічно не вигідним, а отриманий продукт обмежений у застосуванні в різних галузях промисловості.

Очевидно, що найбільш доцільним способом є використання еластичних сіток, виготовлених з матеріалів, допущених до контакту з харчовими продуктами, а також тих, які мають значний ресурс деформації, включаючи низькі температури. Тому ми розглядали гнучкі сітки з етиленвінілацетату (EVA) у нашій роботі. Крім того, гнучкі сітки можна розрізати на різні розміри, залежно від вуликів в яких утримуються сім'ї медоносних бджіл. На пасіках України

сьогодні використовуються вулики на 6, 10, 12 і 22 вуликові рамки. Можливість розрізання гнучких сіток безпосередньо впливає на економічну ефективність їх використання в господарстві.

Аналіз Реєстру паспортів пасік України дає підстави стверджувати, що промислове пасічництво швидко розвивається в Україні. Станом на грудень 2023 року в Україні 1836 господарств утримують пасіки з більш ніж 150 бджолиними сім'ями, 2228 господарств мають від 100 до 150 сімей, 9405 господарств мають від 50 до 100 бджолиних сімей, і 19 784 господарства утримують від 20 до 50 бджолиних сімей у господарстві.

Таблиця 3.2.

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 В, рис. Д 6
2	Прополісо-збірник секційний на 5 рамок			470×185	40x3	Додаток В, рис. Д 7
3	Пластикова решітка для збору прополісу, ТМ CIVAN	Туреччина		420×500	22x2	Додаток В, рис. Д 3
4	Прополісо-збірник, ТМ Aslan Petek	Туреччина		490×410	24x2	Додаток В, рис. Д 2
5	Прополісо-збірник на 10 рамковий вулик	Не відомо		495×410	25x3	Додаток В, рис. Д 9
6	Решітка для збору прополісу, ТМ Lyson	Польща		420×420	18x2	Додаток В, рис. Д 4
7	Сітка для збору прополісу, ТМ StanzPress.	Німеччина	Етилен-вініл-ацетат	Рулон	2x2	Додаток В, рис. Д 5
8	Сітка для збору прополісу	Україна	Нейлон	420×340	1x1	Додаток В, рис. Д 8
9	Решітка для збору прополісу з отворами для годування, ТМ Anel	Греція	м'який поліетилен (PE)	420×510	20x2	Додаток В, рис. Д 1

Отже, очищення сіток вручну або збір прополісу без використання пристроїв є неефективним. Відповідно, виникає необхідність розробки пристроїв для очищення сіток, покритих прополісом.

Обґрунтування матеріалу для нового пристрою. PLA-пластик являє собою біорозкладний термопластичний полієфір, що одержують на основі молочної кислоти – продукту перероблення кукурудзи, цукрового очерету, крохмалю, целюлози. За нагрівання PLA-пластик видає напівсолодкий запах крохмалю.

PLA-пластик є найкращим матеріалом для початку роботи з 3D-принтером. Практично повна відсутність усадки в цього пластика сприяє привальному друку моделі, а також забезпечує високу роздільну здатність друку, що дозволяє створювати моделі з більшою складною геометрією, ніж за використання ABS. Під час друку PLA-пластиком рекомендується використовувати вентилятор для більш швидкого затвердіння виробів і досягнення більш високої якості друку. За належного охолодження PLA дозволяє друкувати з максимальною швидкістю, меншою висотою шару і більш гострими кутами. Завдяки цим перевагам, разом у поєднанні з низькою деформацією, PLA-пластик частіше вибирають для домашніх і шкільних принтерів, а також аматорського друку. Робочі температури $-10...+50$ С.

ABS pro (акрилонітрил-бутадієн-стирол) це потрійний співполімер, його отримують полімеризацією стиролу з акрилонітрилом у присутності полібутадієну. Пропорції можуть варіюватися від 15 до 35 % акрилонітрилу, від 5 до 30 % бутадієну і від 40 до 60 % стиролу. Співполімер стиролу (полістирол), бутадієну (каучук) і акрилонітрилу (SAN-пластики) зібрав у собі всі переваги цих полімерів.

Удосконалений склад ABS-пластику дозволяє отримувати міцні вироби з використанням за мінусових температур та стійкі до ультрафіолету. Підвищена міжшарова адгезія, а також адгезія до платформи, надає можливість дуже просто надрукувати навіть великі вироби без деламінації та деформації. Робочі температури $-40 ...+ 80^{\circ}$ С.

Обґрунтування розробки. За результатами огляду наукової літератури та результатів аналізу процесу одержання прополісу, ми прийшли до висновку, що промислове обладнання для отримання прополісу не виробляється. Каталог 2021 року компанії BIENEN-VOIGT & WARNHOLZ містить пропозицію про реалізацію нової розробки (пристрою) для очищення пластикових решіток від прополісу. Пристрій котрий пропонує компанія це пластиковий ручний виштовхувач (Propolis Stamp) прополісу з решітки. Патентний пошук проведений патентно-правовою фірмою «PRIMA VERITAS» свідчить, що в Україні відсутні корисні моделі та промислові зразки використання котрих давало б можливість отримувати прополіс.

На обраний фокальний об'єкт було перенесено загальну форму та принцип роботи валів станка для отримання хвилеподібного металевого профілю, розміри якого були адаптовані відповідно до поставлених завдань.

Враховано наступні критерії котрим повинна відповідати дослідна модель пристрою:

- а) швидке очищення сіток від прополісу без додаткової підготовки пристрою до роботи;
- б) без елементів у конструкції, які швидко зношуються та потребують додаткових фінансових витрат на обслуговування пристрою;
- в) мобільність, можливість використання у різних виробничих умовах;
- г) можливість використання на промислових і любительських пасіках;
- д) відсутність ручної праці під час очищення прополісу;
- е) матеріали, які не впливають на хімічні, фізичні та механічні властивості прополісу;
- є) можливість повторного використання тих самих сіток у наступних виробничих циклах;
- ж) ремонтпридатність.

Очищення сіток від прополісу з використанням розчинників нами не розглядалось оскільки це впливає на якість отриманого продукту. За основу

було взято механічне згинання еластичних сіток з прополісом з попереднім їх охолодженням.

Технологічне моделювання пристрою. Прополіс має підвищену адгезію (прилипання), що залежить від температури, площі контакту прополісу із поверхнею, сили натиску та часу. Середнє значення роботи адгезії прополісу у контакті із сталлю складає $2,29 \text{ Дж/м}^2$, тоді коли зі склом – $2,96 \text{ Дж/м}^2$. Випробування проводились за кімнатної температури 24°C із заданою силою навантаження 5 мН та без затримки між часом контакту та часом відриву. Робота адгезії прополісу за контакту із склом (еталон) та збільшення часу контакту до 60 с за температури 24°C та силою навантаження 5 мН збільшується з $2,96 \text{ Дж/м}^2$ до $6,72 \text{ Дж/м}^2$. Радіус контакту за максимального навантаження складає $36,06 \pm 17,14 \text{ мкм}$ (Saccardi et al., 2021).

Зазначені фізико-хімічні властивості прополісу були враховані під час проектування валів. Час контакту прополісу прямо пропорційний роботі адгезії прополісу, що було враховано за проектування набору зубчастих передач, що передають обертальний момент від моторів на вали.

Розроблено дослідну модель пристрою (рис. 3.11), що складається з металевого каркасу на якому було розміщено одну пару валів. Вали виконані так, що виступи на одному із них входять у проміжки між виступами іншого валу, а сітка котра проходить між ними механічно згинається хвилеподібно. Обертальний момент від електричного мотору передається на вали через набір зубчастих передач. Вали обертаються зустрічно один одному і втягують сітку з прополісом без необхідності додаткової її подачі.

Втягування сітки валами зумовлений конструкцією вкладок валів, що запропоновано авторами. Мотор, набір зубчастих передач та вали вмонтовані в металевий каркас пристрою та розміщені на підставці виконаній із металевих чотирикутників. Лоток для приймання сіток вставляється у каркас пристрою горизонтальним переміщенням. У результаті моделювання спроектовано дослідну модель пристрою з подальшим його виготовленням (рис. 3.11).

Принцип роботи пристрою (рис. 3.11). Пристрій працює так: покриті прополісом сітки, що вилучені з гнізда медоносних бджіл, охолоджують за $+5^{\circ}\text{C}$ протягом 60–90 хв у холодильній камері та вилучаються.

Оператор розміщує лоток у відсіку пристрою для лотка та вмикає пристрій. Охолоджені сітки по черзі вставляються оператором у отвір котрий розміщений у верху пристрою. Вали, що обертаються, згинають сітки хвилеподібно в наслідок чого прополіс відділяється від сіток на осипається у лотку.

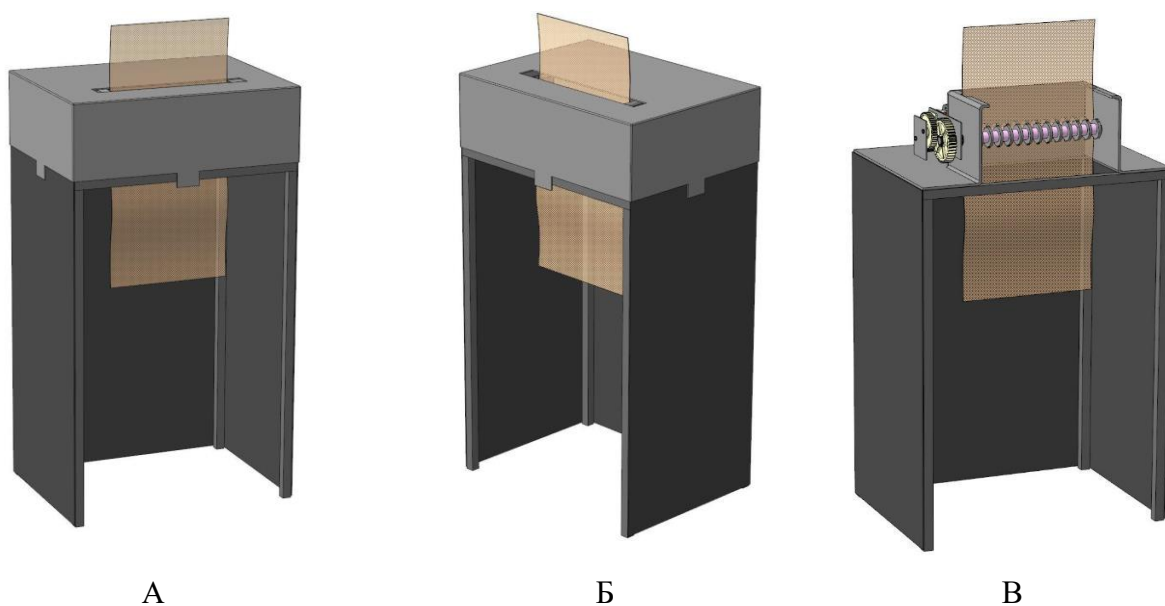


Рис. 3.11. 3D зображення дослідної моделі пристрою для збору прополісу (версія 1.1)

Примітка. А – 3d модель пристрою для збору прополісу з зображенням під кутом; Б – бокове зображення виготовленого пристрою; В – зображення пристрою у профіль

Сітки після проходження через пристрій падають у лоток. Лоток розміщений у нижній частині пристрою (додатково див. додаток Г). Попередні лабораторні випробування роботи пристрою (версія 1.1) були проведені шляхом очищення еластичних сіток від прополісу з попереднім їх охолодженням.

Нами виявлено ряд недоліків дослідного зразка пристрою (версія 1.1). Моделюючи та виготовляючи пристрій, не було враховано необхідність у забезпеченні захисною камерою валів, що приводило до потрапляння

прополісу у механізми пристрою. Особливості прополісування медоносними бджолами сіток полягає у тому, що сітка з прополісом має лицьову та зворотну сторону. Згинання сітки хвилеподібно однією парою збірних валів пристрою приводить до того, що одна сторона сітки згинається назовні, а через певну відстань та ж сторона у середину. Таке хвилеподібне згинання зумовлює неповне очищення сітки від прополісу за цикл проходження сітки через один набір валів пристрою. Для повного очищення сітки від прополісу з використанням дослідної моделі пристрою (версія 1.1) сітку слід пропускати через пристрій 2–3 рази.

За результатами лабораторних випробувань дослідної моделі (версія 1.1) нами було прийнято рішення щодо удосконалення пристрою (рис. 3.12). Визначено необхідність обладнання моделі пристрою (версія 1.1) захисною камерою валів для обмеження потрапляння прополісу у механізм пристрою.



А

Б

В

Рис. 3.12. Виготовлена дослідна модель пристрою для збору прополісу (версія 1.1)

Примітка. А – модель пристрою для збору прополісу з зображенням у профіль; Б – бокове зображення виготовленого пристрою; В – зображення пристрою у профіль без захисного кожуха під час тестування очищення сіток з прополісом

Враховуючи результати лабораторних випробувань пристрою (версія 1.1) визначено необхідність проєктування та виробництва пристрою з двома парами

валів розміщених одна пара під іншою. Елементи другої пари збірних валів розміщені відносно вкладок першої пари валів так, щоб забезпечити зворотне згинання однієї і тієї ж ділянки сітки. Отже, одна і та ж ділянка сітки котра пройшла через верхню пару валів та механічно зігнута назовні за проходження нижньої пари валів згинається у середину. Окрім цього, нами було визначено необхідність у зменшенні ваги пристрою, що дає можливість більш зручного його переміщувати в межах виробництва за необхідності.

Основні технічні характеристики удосконаленого пристрою: ширина отвору для подачі сітки – 230 мм; потужність двигуна – 460 Вт; рівень шуму – 58 дБ; швидкість проходження сітки – 3 м/хв.

3.3. Застосування технологічних основ проєктування у 3D конструюванні пристрою

Технологічний прогрес і постійний розвиток сучасного машинобудування відкривають нові можливості у створенні більш складних, ефективних та інноваційних пристроїв. Однією з ключових технологій, що революціонізувала підходи до проєктування та виробництва, є 3D-конструювання. Ця методика, що базується на створенні тривимірних об'єктів за допомогою комп'ютерних програм, відкриває нові перспективи для оптимізації конструкцій, поліпшення функціональності та скорочення термінів виробництва. У цьому контексті виникає питання про використання технологічних основ машинобудування за 3D-конструювання пристроїв.

Поєднуючи технологічні засоби машинобудування з 3D-конструюванням, можна досягти таких результатів: зменшення витрат сировини та виробничого часу для створення повноцінних дослідних моделей пристроїв та механізмів, які відповідають найсуворішим стандартам якості та безпеки. У цьому контексті дослідження і розвиток нових методів і стратегій, спрямованих на інтеграцію технологічних засобів машинобудування та 3D-конструювання, має великий

потенціал для покращення якості та конкурентоспроможності виробничих засобів.

Враховуючи зазначене, проектуючи та прораховуючи редуктор пристрою, ми застосовували можливості програмного комплексу «КОМПАС-GEARS» версії 19. Це значно зекономило ресурси та дало можливість отримати на виході необхідні параметри оберту валів пристрою. Крім цього було спроектовано модель пристрою для попередньої оцінки можливості його виготовлення (рис. 3.13).

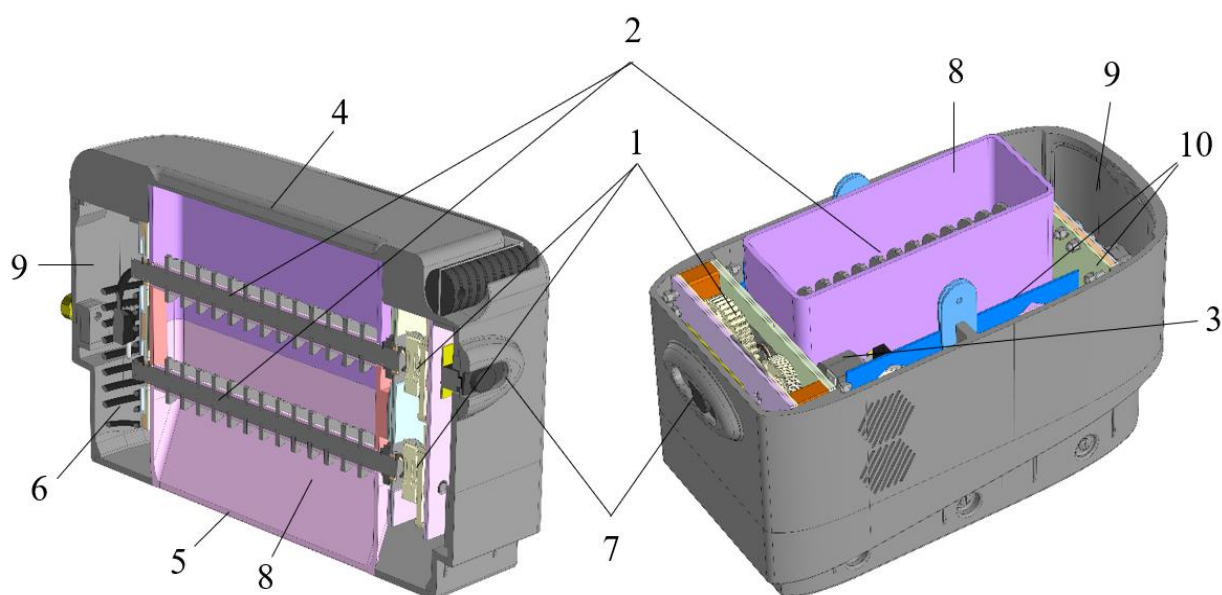


Рис. 3.13. Дослідна 3D модель пристрою для збору прополісу (версія 1.2)

Примітка. 1 – набір зубчастих передач; 2 – нижня та верхня пара валів, виступи яких входять один в один; 3 – електричний мотор; 4 – отвір для вставляння сіток з прополісом; 5 – вихідний отвір; 6 – електричний кабель; 7 – вимикач; 8 – захисна камера; 9 – відсік для кабелю живлення; 10 – металевий каркас

Робочі креслення пристрою версії 1.2. наведено в додатку Б, рис. Б 1.

Дослідним шляхом встановлено, що оптимальна швидкість руху сітки (v) становить 1,12 м/хв, допустима сила протягування сітки (P) становить 10,3 кгс.

Швидкість обертання валів визначали за формулою:

$$\omega = v/R, \quad (3.1)$$

де v – швидкість руху сітки;

R – радіус протягуючих дисків (16 мм).

$$\omega = 1,12/16 = 0,07 \text{ об/с.}$$

Шляхом дослідження ринку встановлено, що електродвигуни, придатні для застосування у пристрої мають оберти валу у діапазоні 300–333,3 об/с.

Отже, оберти слід зменшити у 257–285 разів.

Для попереднього розрахунку вибираємо електромотор HGH-5425 з такими характеристиками:

- швидкість обертання валу $\omega_m = 300 \text{ об/с}$;
- крутячий момент на валу $M_m = 0,03 \text{ Нм}$.

Вал виготовлений у вигляді косозубої шестерні ($z=4$; $d_a=5 \text{ мм}$; $d_f=1,5 \text{ мм}$).

Отже, для отримання необхідних обертів слід зменшити оберти у $300/1,16=257$ разів.

Для цього, виходячи з конструктивних міркувань, застосуємо 3-ступеневий понижуючий редуктор з загальним передаточним числом 260, задаємо міжосьові відстані та кількість зубців зубчатих коліс (рис. 3.14).

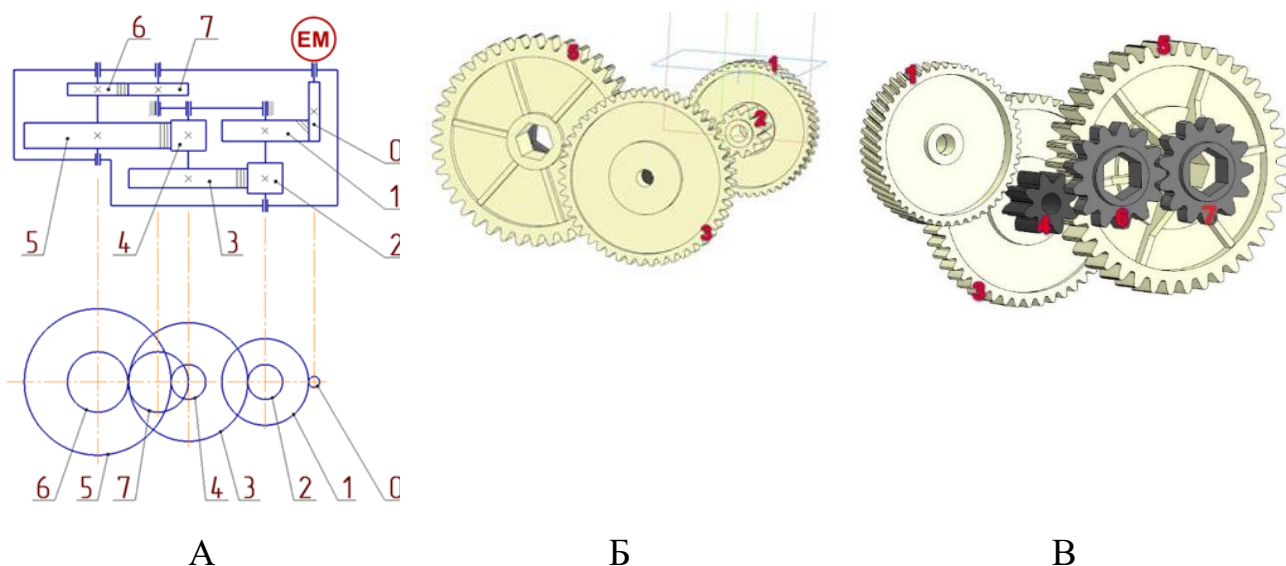


Рис. 3.14. Схематичне зображення редуктора пристрою

Примітка. А – схематичне зображення редуктора пристрою; Б – 3D зображення редуктора пристрою із зовнішньої сторони; В – 3D зображення редуктора пристрою із внутрішньої сторони з нумеруванням зубчастих коліс

Розрахунок геометричних параметрів кожної пари зубчатих коліс виконували з допомогою «Модуля розрахунків механічних передач «КОМПАС-GEARS» версії 19 з дотриманням умов відсутності підрізання та інтерференції зубців. На зубчаті колеса 0, 1, 2, 3, 4, 5 діє крутячий момент від сили, прикладеної у точці дотику зубців на діаметрі ділильного кола.

Таблиця 3.3.

Геометричний розрахунок циліндричної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення (зубчасті колеса 6–7)

Найменування та позначення параметра		Ведуче колесо	Ведоме колесо
1		2	3
<i>Вихідні дані</i>			
Число зубів	z_1, z_2	13	13
Модуль, мм	m_n	2	
Кут нахилу зубів на ділильному циліндрі	β	0°00'00"	
Початковий контур	–	ДСТУ ISO 1340:2008	
Кут профілю вихідного контуру	α	20°00'00"	
Коефіцієнт висоти головки зуба вихідного контуру	h_a	1	
Коефіцієнт радіального зазору вихідного контуру	c	0,25	
Коефіцієнт радіусу кривизни перехідний кривий у граничній точці профілю зуба вихідного контуру	ρ_f	0,38	
Ширина зубчастого вінця, мм	b	10	10
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	x	+0,3023	+0,3023
Ступінь точності	–	8-G	8-G
<i>Параметри котрі визначаються</i>			
Передавальне число	u	1	
Міжосьова відстань, мм	a_w	27,064±0,025	
Діаметр ділильного кола, мм	d	26	26
Діаметр вершин зубів, мм	d_a	30,919	30,919
Діаметр западин зубів, мм	d_f	22,209	22,209
Початковий діаметр, мм	d_w	27,064	27,064
Основний діаметр, мм	d_b	24,432	24,432
Кут зачеплення	a_{tw}	25°28'43"	
<i>Контрольовані та вимірювальні параметри</i>			
Постійна хорда, мм	S_c	3,163 ^{-0,06} _{-0,13}	3,163 ^{-0,06} _{-0,13}
Висота до постійної хорди, мм	h_c	1,884	1,884
Радіус кривизни різнойменних профілів зуба в точках, визначальних постійну хорду, мм	ρ_s	6,129	6,129
Радіус кривизни активного профілю зуба в нижній точці, мм	ρ_ρ	2,168	2,168
Можливість вимірювання постійної хорди	–	виконано	виконано
Число зубів у довжині загальної нормалі	z_{wr}	2	2
Довжина загальної нормалі, мм	W	9,634 ^{-0,055} _{-0,125}	9,634 ^{-0,055} _{-0,125}

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4
Радіус кривизни різнойменних профілів зубів у точках, що визначають довжину загальної нормалі, мм	ρ_w	4,817	4,817
Радіус кривизни профілю в точці на колі вершин, мм	ρ_a	9,474	9,474
Можливість вимірювання довжини загальної нормалі	–	виконано	виконано
Діаметр вимірювального ролика, мм	D	3,464	3,464
Кут профілю на колі, що проходить через центр ролика	α_D	29°49'56"	29°49'56"
Діаметр кола, що проходить через центр ролика, мм	d _D	28,164	28,164
Радіус кривизни різнойменних профілів зубів у точках контакту поверхні ролика з головними поверхнями зубів, мм	ρ_m	5,273	5,273
Розмір по роликах, мм	M	31,423 ^{-0,128} _{-0,228}	31,423 ^{-0,128} _{-0,228}
Можливість вимірювання розміру за роликами	–	виконано	виконано
Нормальна товщина зуба по ділильній кола, мм	s _n	3,582 ^{-0,06} _{-0,13}	3,582 ^{-0,06} _{-0,13}
Перевірка якості зачеплення за геометричними показниками			
Коефіцієнт найменшого зміщення	x _{min}	0,24	0,24
Умова відсутності підрізання зуба вихідною рейкою	–	виконано	виконано
Радіус кривизни в граничній точці профілю зуба, мм	r _l	0,366	0,366
Умова відсутності підрізання	–	виконано	виконано
Діаметр положення нижньої точки активного профілю зуба, мм	d _p	24,814	24,814
Діаметр положення точки перетину евольвенти з перехідною кривою профілю зуба, мм	d _п	24,443	24,443
Умова відсутності інтерференції	–	виконано	виконано
Нормальна товщина зуба на поверхні вершин, мм	s _{na}	1,136	1,136
Мінімально рекомендоване значення нормальної товщини зуба на поверхні вершин за поверхневого зміцнення зубів, мм	0,4 m _n	0,8	
Умова відсутності загострення	–	виконано	виконано
Питома ковзання профілів зубів у нижніх точках активних профілів зубів	Θ _p	-3,37061	-3,37061
Коефіцієнт торцевого перекриття	ε _α	1,238	
Рекомендоване мінімальне значення коефіцієнта торцевого перекриття	–	1,2	
Коефіцієнт перекриття	ε _γ	1,238	
Умова відсутності само перетину контуру вирізу зуба	–	виконано	виконано

На зубчаті колеса 6, 7 (див. табл. 3.3) діє крутячий момент від допустимої сили протягування сітки (P), що прикладена на відстані радіусу елементів збірного валу від осі їх обертання (рис. 3.15).

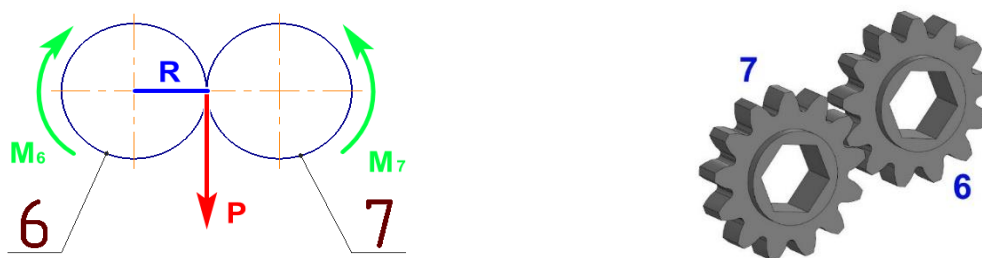


Рис. 3.15. Схематичне та 3D зображення пари зубчатих коліс 6 і 7 з позначенням напрямку обертання

Крутячий момент на валах зубчатих коліс 6, 7:

$$M_6 = M_7 = P * R = 103 \text{ N} * 0.016 \text{ м} = 1,648 \text{ Нм} \quad (3.2)$$

Крутячий момент на валу зубчатого колеса 5:

$M_5 = M_6 = 1,648 \text{ Нм}$, оскільки зубчаті колеса 5 і 6 закріплені на одному валу (рис. 3.16).

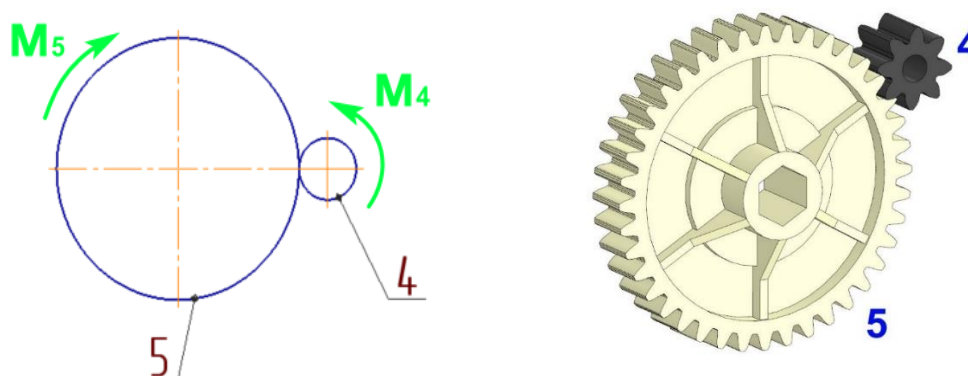


Рис. 3.16. Схематичне та 3D зображення пари зубчатих коліс 5 і 4 з позначенням напрямку обертання

Крутячий момент на валу зубчатого колеса 4:

$$M_4 = M_5 * d_4 / d_5 = 1,648 * 14,4 / 72 = 0,3296 \text{ Нм}, \quad (3.3)$$

де d_4 , d_5 – діаметри ділільного кола відповідних зубчатих коліс (табл. 3.4).

Геометричний розрахунок циліндричної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення (зубчасті колеса 4–5)

Найменування та позначення параметра		Ведуче колесо	Ведоме колесо
1		2	3
Вихідні дані			
Число зубів	z_1, z_2	8	40
Модуль, мм	m_n	1,8	
Кут нахилу зубів на ділительному циліндрі	β	0°00'00"	
Початковий контур	–	ДСТУ ISO 1340:2008	
Кут профілю вихідного контуру	α	20°00'00"	
Коефіцієнт висоти головки зуба вихідного контуру	h_a	1	
Коефіцієнт радіального зазору вихідного контуру	c	0,25	
Коефіцієнт радіусу кривизни перехідний кривий у граничній точці профілю зуба вихідного контуру	ρ_f	0,38	
Ширина зубчастого вінця, мм	b	15	
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	x	+0,1217	
Ступінь точності	–	8-G	8-G
Параметри котрі визначаються			
Передавальне число	u	5	
Міжосьова відстань, мм	a_w	42,549 ± 0,06	
Діаметр ділительного кола, мм	d	14,4	72
Діаметр вершин зубів, мм	d_a	18,36	73,86
Діаметр западин зубів, мм	d_f	10,338	65,838
Початковий діаметр, мм	d_w	14,183	70,915
Основний діаметр, мм	d_b	13,532	67,658
Кут зачеплення	a_{tw}	17°25'54"	
Контрольовані та вимірювальні параметри			
Постійна хорда, мм	S_c	2,637 ^{-0,12} _{-0,26}	1,963 ^{-0,12} _{-0,26}
Висота до постійної хорди, мм	h_c	1,5	0,573
Радіус кривизни різнойменних профілів зуба в точках, визначальних постійну хорду, мм	ρ_s	3,866	13,357
Радіус кривизни активного профілю зуба в нижній точці, мм	ρ_ρ	-2,066	6,542
Можливість вимірювання постійної хорди	–	виконано	виконано
Число зубів у довжині загальної нормалі	z_{wr}	2	4
Довжина загальної нормалі, мм	W	8,322 ^{-0,11} _{-0,25}	19,038 ^{-0,11} _{-0,25}
Радіус кривизни різнойменних профілів зубів у точках, що визначають довжину загальної нормалі, мм	ρ_w	4,161	9,519
Радіус кривизни профілю в точці на колі вершин, мм	ρ_a	6,204	14,813
Можливість вимірювання довжини загальної нормалі	–	виконано	виконано
Діаметр вимірювального ролика, мм	D	3,106	3,106
Кут профілю на колі, що проходить через центр ролика	α_D	30°53'50"	19°12'11"
Діаметр кола, що проходить через центр ролика, мм	d_D	15,769	71,644

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
Радіус кривизни різноіменних профілів зубів у точках контакту поверхні ролика з головними поверхнями зубів, мм	ρ_m	2,496	10,23
Розмір по роликах, мм	M	$18,875_{-0,444}^{-0,249}$	$74,75_{-0,893}^{-0,389}$
Можливість вимірювання розміру за роликами	—	виконано	виконано
Нормальна товщина зуба по ділильній кола, мм	s_n	$2,987_{-0,26}^{-0,12}$	$2,223_{-0,26}^{-0,12}$
Перевірка якості зачеплення за геометричними показниками			
Коефіцієнт найменшого зміщення	x_{\min}	0,532	-1,34
Умова відсутності підрізання зуба вихідного виробляє рейкою	—	виконано	виконано
Радіус кривизни в граничній точці профілю зуба, мм	ρ_l	-2,16	4,62
Умова відсутності підрізання	—	виконано	виконано
Діаметр положення нижньої точки активного профілю зуба, мм	d_p	—	68,911
Діаметр положення точки перетину евольвенти з перехідною кривою профілю зуба, мм	d_{Π}	—	68,286
Умова відсутності інтерференції	—	виконано	виконано
Нормальна товщина зуба на поверхні вершин, мм	S_{na}	0,871	1,523
Мінімально рекомендоване значення нормальної товщини зуба на поверхні вершин за поверхневого зміцнення зубів, мм	$0,4 m_n$	0,72	
Умова відсутності загострення	—	виконано	виконано
Питома ковзання профілів зубів у нижніх точках активних профілів зубів	Θ_p	2,43375	-3,74183
Коефіцієнт торцевого перекриття	ϵ_α	1,556	
Рекомендоване мінімальне значення коефіцієнта торцевого перекриття	—	1,2	
Коефіцієнт перекриття	ϵ_γ	1,556	
Умова відсутності самоперетину контуру вирізу зуба	—	виконано	виконано

Крутячий момент на валу зубчатого колеса 3:

$M_3 = M_4 = 0,3296$ Нм, оскільки зубчаті колеса 3 і 4 закріплені на одному валу (рис. 3.17).

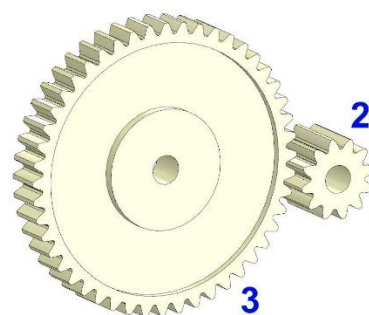
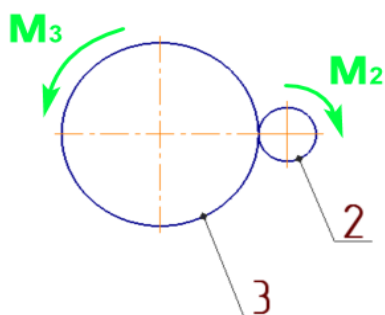


Рис. 3.17. Схематичне та 3D зображення пари зубчатих коліс 3 і 2 з позначенням напрямку обертання

Крутячий момент на валу зубчатого колеса 2:

$$M_2 = M_3 * d_2 / d_3 = 0,3296 * 14,4 / 57,6 = 0,0824 \text{ Нм}, \quad (3.4)$$

де d_2, d_3 – діаметри ділильного кола відповідних зубчатих коліс (табл. 3.5).

Таблиця 3.5.

Геометричний розрахунок циліндричної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення (зубчасті колеса 3–2)

Найменування та позначення параметра		Ведуче колесо	Ведоме колесо
1		2	3
Вихідні дані			
Число зубів	z_1, z_2	12	48
Модуль, мм	m_n	1,2	
Кут нахилу зубів на ділильному циліндрі	β	0°00'00"	
Початковий контур	–	ДСТУ ISO 1340:2008	
Кут профілю вихідного контуру	α	20°00'00"	
Коефіцієнт висоти головки зуба вихідного контуру	h_a	1	
Коефіцієнт радіального зазору вихідного контуру	c	0,25	
Коефіцієнт радіуса кривизни перехідний кривий у граничній точці профілю зуба вихідного контуру	ρ_f	0,38	
Ширина зубчастого вінця, мм	b	15	10
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	x	+0,3149	+0,1482
Ступінь точності	-	8-G	8-G
Параметри котрі визначаються			
Передавальне число	u	1	
Міжосьове відстань, мм	a_w	36,528±0,025	
Діаметр ділильного кола, мм	d	14,4	57,6
Діаметр вершин зубів, мм	d_a	17,5	60,3
Діаметр западин зубів, мм	d_f	12,156	54,956
Початковий діаметр, мм	d_w	14,611	58,445
Основний діаметр, мм	d_b	13,532	54,126
Кут зачеплення	a_{tw}	22°09'47"	
Контрольовані та вимірювальні параметри			
Постійна хорда, мм	S_c	1,907 ^{-0,06} _{-0,13}	1,779 ^{-0,06} _{-0,13}
Висота до постійної хорди, мм	h_c	1,203	1,026
Радіус кривизни різнойменних профілів зуба в точках, визначальних постійну хорду, мм	ρ_s	3,477	10,797
Радіус кривизни активного профілю зуба в нижній точці, мм	ρ_ρ	0,49	8,231

1	2	3	4
Можливість вимірювання постійною хорди	–	виконано	виконано
Число зубів у довжині загальної нормалі	z_{wr}	2	6
Довжина загальної нормалі, мм	W	$5,774_{-0,125}^{-0,055}$	$20,412_{-0,125}^{-0,055}$
Радіус кривизни різнойменних профілів зубів у точках, що визначають довжину загальної нормалі, мм	ρ_w	2,887	10,206
Радіус кривизни профілю в точці на колі вершин, мм	ρ_a	5,549	13,289
Можливість вимірювання довжини загальної нормалі	–	виконано	виконано
Діаметр вимірювального ролика, мм	D	2,045	2,045
Кут профілю на колі, що проходить через центр ролика	α_D	30°04'56"	22°43'45"
Діаметр кола, що проходить через центр ролика, мм	d_D	15,638	58,684
Радіус кривизни різнойменних профілів зубів у точках контакту поверхні ролика з головними поверхнями зубів, мм	ρ_m	2,897	10,314
Розмір по роликах, мм	M	$17,683_{-0,228}^{-0,128}$	$60,729_{-0,295}^{-0,158}$
Можливість вимірювання розміру за роликами	–	виконано	виконано
Нормальна товщина зуба по ділильній кола, мм	s_n	$2,16_{-0,13}^{-0,06}$	$2,014_{-0,13}^{-0,06}$
Перевірка якості зачеплення за геометричними показниками			
Коефіцієнт найменшого зміщення	x_{min}	0,298	-1,807
Умова відсутності підрізання зуба вихідною рейкою	–	виконано	виконано
Радіус кривизни в граничній точці профілю зуба, мм	ρ_l	0,059	6,862
Умова відсутності підрізання	–	виконано	виконано
Діаметр положення нижньої точки активного профілю зуба, мм	d_p	13,567	56,574
Діаметр положення точки перетину евольвенти з перехідною кривою профілю зуба, мм	d_{Π}	13,532	55,839
Умова відсутності інтерференції	–	виконано	виконано
Нормальна товщина зуба на поверхні вершин, мм	s_{na}	0,554	0,922
Мінімально рекомендоване значення нормальної товщини зуба на поверхні вершин за поверхневого зміцнення зубів, мм	$0,4 m_n$	0,48	
Умова відсутності загострення	–	виконано	виконано
Питома ковзання профілів зубів у нижніх точках активних профілів зубів	Θ_p	-5,77403	-1,69633
Коефіцієнт торцевого перекриття	ϵ_α	1,428	
Рекомендоване мінімальне значення коефіцієнта торцевого перекриття	–	1,2	
Коефіцієнт перекриття	ϵ_γ	1,428	
Умова відсутності самоперетину контуру вирізу зуба	–	виконано	виконано

Крутячий момент на валу зубчатого колеса 1:

$M_1 = M_2 = 0,0824$ Нм, оскільки зубчаті колеса 1 і 2 закріплені на одному валу (рис. 3.18).

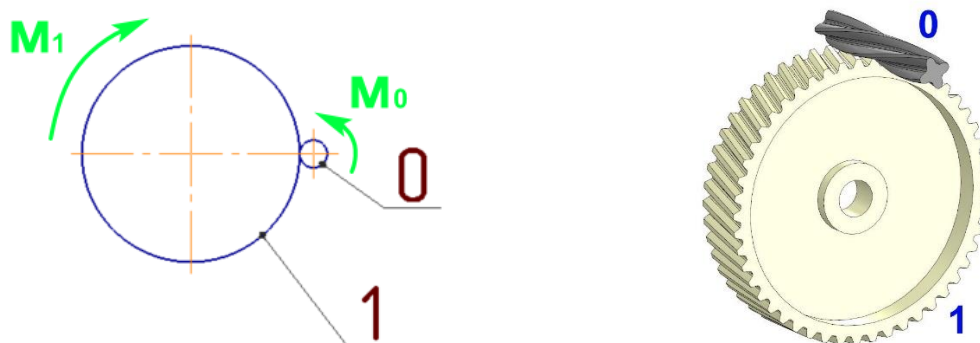


Рис. 3.18. Схематичне та 3D зображення пари зубчатих коліс 1 і 0 з позначенням напрямку обертання

Крутячий момент на валу зубчатого колеса 0:

$$M_0 = M_1 * d_0 / d_1 = 0,0824 * 3,405 / 44,27 = 0,0063 \text{ Нм}, \quad (3.5)$$

де d_0 , d_1 – діаметри ділительного кола відповідних зубчатих коліс (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

Геометричний розрахунок циліндричної зубчастої передачі зовнішнього зачеплення (зубчасті колеса 0–1)

Найменування та позначення параметра		Ведуче колесо	Ведоме колесо
1		2	3
Вихідні дані			
Число зубів	z_1, z_2	4	52
Модуль, мм	m_n	0,8	
Кут нахилу зубів на ділительному циліндрі	β	20°00'00"	
Напрямок ліній зубів	-	праве	ліве
Початковий контур	-	ДСТУ ISO 1340:2008	
Кут профілю вихідного контуру	α	20°00'00"	
Коефіцієнт висоти головки зуба вихідного контуру	h_a	1	
Коефіцієнт радіального зазору вихідного контуру	c	0,25	
Коефіцієнт радіуса кривизни, перехідний кривий у граничній точці профілю зуба вихідного контуру	ρ_f	0,25	
Ширина зубчастого вінця, мм	b	22	12
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	x	+0,0184	+0,3789
Ступінь точності	-	8-G	8-G
Параметри котрі визначаються			
Передавальне число	u	13	
Міжосьова відстань, мм	a_w	24,116±0,016	
Діаметр ділительного кола, мм	d	3,405	44,27

1	2	3	4
Діаметр вершин зубів, мм	d_a	4,955	46,455
Діаметр западин зубів, мм	d_f	1,376	42,876
Початковий діаметр, мм	d_w	3,445	44,786
Основний діаметр, мм	d_b	3,175	41,281
Кут зачеплення	a_{tw}	22°49'02"	
Контрольовані та вимірювальні параметри			
Постійна хорда, мм	S_c	$1,108_{-0,049}^{-0,018}$	$1,312_{-0,059}^{-0,02}$
Висота до постійної хорди, мм	h_c	0,575	0,855
Радіус кривизни різнойменних профілів зуба в точках, визначальних постійну хорду, мм	ρ_s	1,169	8,652
Радіус кривизни активного профілю зуба в нижній точці, мм	ρ_ρ	-1,301	7,45
Можливість вимірювання постійної хорди	–	виконано	виконано
Число зубів у довжині загальної нормалі	z_{wr}	1	8
Довжина загальної нормалі, мм	W	$1,233_{-0,045}^{-0,015}$	$18,624_{-0,054}^{-0,018}$
Максимальна довжина загальної нормалі, мм	W_b	68,452	37,337
Можливість вимірювання довжини загальної нормалі	–	виконано	виконано
Радіус кривизни різнойменних профілів зубів у точках, що визначають довжину загальної нормалі, мм	ρ_w	0,58	8,814
Радіус кривизни профілю в точці на колі вершин, мм	ρ_a	1,902	10,653
Можливість вимірювання довжини загальної нормалі	–	виконано	виконано
Діаметр вимірювального ролика, мм	D	2,381	1,588
Кут профілю на колі, що проходить через центр ролика	α_D	53°22'14"	25°53'42"
Діаметр кола, що проходить через центр ролика, мм	d_D	5,322	45,889
Радіус кривизни різнойменних профілів зубів у точках контакту поверхні ролика з головними поверхнями зубів, мм	ρ_m	1,008	9,268
Розмір по роликах, мм	M	$7,703_{-0,048}^{-0,029}$	$47,477_{-0,104}^{-0,066}$
Можливість вимірювання розміру за роликами	–	виконано	виконано
Нормальна товщина зуба по ділильній кола, мм	S_n	$1,246_{-0,049}^{-0,016}$	$1,477_{-0,059}^{-0,02}$
Перевірка якості зачеплення за геометричними показниками			
Коефіцієнт найменшого зміщення	x_{min}	-0,022	-2,609
Умова відсутності підрізання зуба вихідною рейкою	–	виконано	виконано
Радіус кривизни в граничній точці профілю зуба, мм	ρ_l	1,641	6,619
Умова відсутності підрізання	–	виконано-	виконано
Діаметр положення нижньої точки активного профілю зуба, мм	d_p	–	43,888
Діаметр положення точки перетину евольвенти з перехідною кривою профілю зуба, мм	d_Π	–	43,238
Кут положення нижньої точки активного профілю зуба	α_p	–	19°50'47"
Кут положення точки перетину евольвенти з перехідною кривою профілю зуба	α_Π	–	17°18'07"

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4
Умова знаходження передачі в межах допустимого підрізання зуба	–	–	виконано
Умова відсутності інтерференції	–	–	виконано
Нормальна товщина зуба на поверхні вершин, мм	S_{na}	0,37	0,592
Мінімально рекомендоване значення нормальної товщини зуба на поверхні вершин за поверхневого зміцнення зубів, мм	$0,4 m_n$	0,32	
Умова відсутності загострення	–	виконано	виконано
Питома ковзання профілів зубів у нижніх точках активних профілів зубів	Θ_p	1,6299	-2,31888
Коефіцієнт торцевого перекриття	ϵ_α	1,284	
Рекомендоване мінімальне значення коефіцієнта торцевого перекриття	–	1	
Коефіцієнт осевого перекриття	ϵ_β	1,633	
Коефіцієнт перекриття	ϵ_γ	2,917	
Умова відсутності самоперетину контуру вирізу зуба	–	виконано	виконано

Для відкритих циліндричних зубчатих передач ККД складає 0,93...0,95.

Загальний ККД багатоступінчатого редуктора складається з добутку ККД його окремих ланок:

$$\eta = \eta_{01} * \eta_{23} * \eta_{45} = 0,93 * 0,93 * 0,93 = 0,804 \quad (3.6)$$

ККД ланки 6–7 не враховуємо, бо зубчате колесо виконує роль обертання допоміжної вісі для протягування сітки і не приймає участі у передачі крутячого моменту.

Відповідно розрахунковий крутячий момент на валу електромотора з урахуванням ККД:

$$M_{mp} = M_0 / \eta$$

$$M_{mp} = 0,0063 / 0,804 = 0,0078 \text{ Нм} \quad (3.7)$$

Отже, попередньо вибраний електромотор задовольняє вимогу за параметром необхідної потужності пристрою.

3.4. Дослідження комплексних характеристик пристрою та його ремонтпридатності в процесі експлуатації

Під час конструювання пристрою враховували основні вимоги чинних нормативних актів (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Основні вимоги до безпеки обладнання для харчової промисловості враховані у пристрої

№ н/п	Вимоги	Показники, враховані у конструкції пристрою
1	2	3
<i>ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків»</i>		
6.4.1; 6.4.3	Механічні небезпеки	Вибрано оптимальну швидкість обертання валів. Вали та механізми (мотор, редуктор) захищені корпусом пристрою
6.2.9.	Електрична небезпека	Кабель живлення проводка, мікросхеми та вимикачі заізолювані та виведені поза рухомі частини пристрою в корпусі
6.2.4.	Теплові небезпеки	Не застосовується
6.2.2.	Небезпечності утворені шумом	Для зменшення шуму в редукторі застосовані пластикові зубчасті колеса. Розділено роботу верхньої та нижньої пари валів для вмикання їх за потреби
6.2.2.2.	Небезпечності спричинені вібрацією	Збалансованість зубчастих коліс редуктора. Оптимальна швидкість обертання валів пристрою
6.2.3.	Небезпечності спричинені випромінюванням	Не застосовується
6.3.1.	Небезпечності спричинені матеріалами/речовинами	Для уникнення алергій викликаних прополісом та підтримання належних санітарних умов рекомендовано операторам працювати у захисних одноразових рукавицях
6.2.7.	Ергономічні небезпеки	Підставка під пристрій спроектована та виконана так, щоб забезпечити стійкість. Операторам рекомендовано розміщувати пристрій на стійкій поверхні (столи, підставки)
6.2.6.	Небезпечності, пов'язані з довкіллям, у якому використовується машина	Не застосовується
<i>ДСТУ EN 60204-1:2015 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги»</i>		
4.3.2.	Живлення змінним струмом	Електроживлення забезпечується від побутової мережі та не потребує додаткового обладнання
4.4.2.	Електромагнітна сумісність	Не створює електромагнітних завад
4.4.3.	Температура навколишнього середовища	Пристрій працює за температур навколишнього середовища від +5° С до + 40° С

1	2	3
4.4.4.	Вологість	Електрообладнання пристрою працює коли вологість не перевищує 50 %
4.4.6.	Забруднення	Електрообладнання захищене від забруднення корпусом пристрою. Для уникнення потрапляння крихт прополісу в електродвигуни вали пристрою закриті захисною камерою
7.3.	Захист електродвигуна від перегрівання	У схемі живлення електродвигунів пристрою передбачено захист від перегрівання
ДСТУ prEN 1672-1-2001 «Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки і гігієни. Основні положення. Частина 1. Вимоги щодо безпеки»		
5.1.	Технічна безпека	Очищення валів передбачено роздільно для верхньої і нижньої пари в режимі реверсу за необхідності. У режимі використання отвір для вставляння сіток забезпечує обмеження потрапляння сторонніх предметів у вали, що обертаються
5.2.	Електрична безпека	Пристрій вимагає дотримання стандартних правил поводження з побутовими приладами. Немає необхідності у додатковій підготовці операторів з електробезпеки
5.3.	Теплова безпека	Не застосовується
5.5.	Контроль безпеки від контакту або вдихання оброблюваних матеріалів або речовин	Рекомендовано використовувати пристрій у добре провітрюваних приміщеннях через специфічний запах прополісу, що очищується. Дослідження вмісту летючих часток прополісу у повітрі приміщення не проводилось

Примітка. Згруповано автором (2023)

Відповідно до ДСТУ ІЕС 60706-2:2008 ремонтпридатність – це характеристика, яка визначає зручність, з якою виріб можна зберігати та підтримувати протягом періоду його використання. Імовірність, що цю дію технічного обслуговування виробу за певних умов використання може бути виконано протягом встановленого часу, коли обслуговування виконано за визначених умов і за використання встановлених процедур та ресурсів (ДСТУ ІЕС 60706-2:2008).

Головним аспектом визначення вартості використання виробу є основні ресурси, які витрачаються на завдання, необхідні для збереження виробу або його відновлення до нормального стану. Ця основна робота залежить від кількості таких завдань, їх складності та тривалості. Під час проектування

виробу ми врахували вимоги ДСТУ ІЕС 60706-2:2008 чим забезпечили гарантовану можливість виконання необхідних робіт, його надійність та ремонтпридатність. Друга та третя характеристики безпосередньо впливають на технічне обслуговування пристрою. Надійність відображає частоту непередбачених обслуговувань, а ремонтпридатність вказує на зусилля, необхідні для всього обслуговування. Тому дії, проведені під час проектування виробу, спрямовані на вплив на норму відмов та серйозність відмов, впливають на методи забезпечення надійності.

З іншого боку, вони також призначені для впливу на профілактичне та непередбачене технічне обслуговування, тривалість, вартість підтримки технічного обслуговування і завдань, пов'язаних переважно з ремонтпридатністю. Виріб, який може бути легко обслуговуваний компетентною та ефективною експлуатаційною організацією, має більшу доступність і меншу вартість життєвого циклу, порівняно з тим, який не має цих характеристик.

Характеристики ремонтпридатності визначаються такими факторами. Здатність продукту до збереження або відновлення під час обслуговування, включаючи доступність засобів для діагностики та наявність запчастин і т. д., враховуючи всі умови експлуатації. Ремонтпридатність продукту спрямована на вирішення цих питань, проте вона обмежена іншими факторами. Рівень експлуатаційної підтримки, яку фактично використовують, включаючи персонал, навчання, наявність запасних частин, інструменти, інструкції та інше. Ефективність системи технічного обслуговування визначає часові рамки проведення ремонтних робіт.

Усі ці фактори взаємодіють між собою та впливають на ремонтпридатність продукту, забезпечуючи його здатність до збереження, відновлення та доступність для обслуговування (ДСТУ ІЕС 60706-2:2008).

Пристрій під час експлуатації потребує періодичного очищення валів від прополісу, який накопичується. Для цього у пристрої передбачено отвори у кришці та дні, які дозволяють проводити очищення без необхідності

розбирання пристрою. У випадку необхідності ремонту пристрою, його слід перевернути і відгвинтити 6 болтів (DIN 933, M3, з шестигранною голівкою і повною різьбою, довжиною 20 мм) на дні пристрою (рис. 3.19, 1).

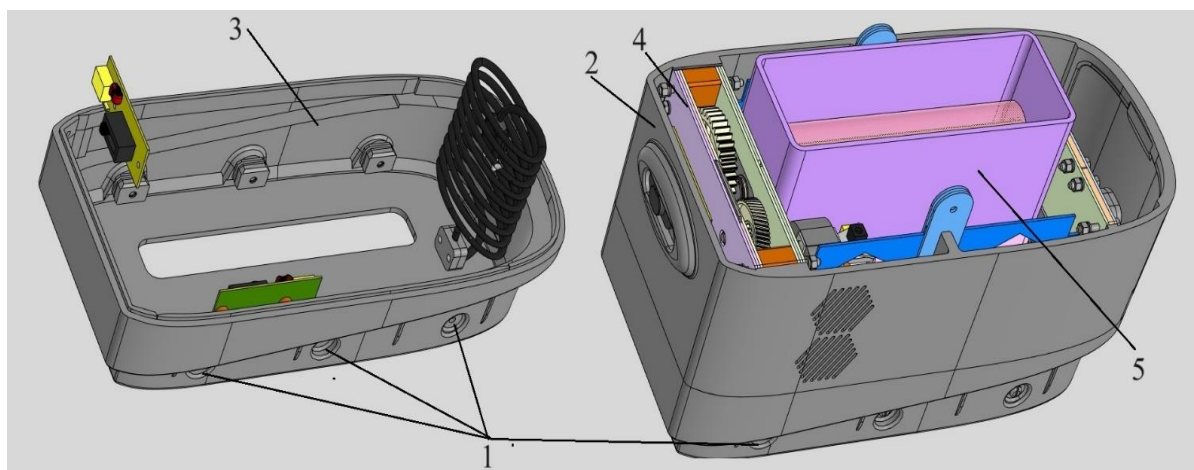


Рис. 3.19. Дослідна 3D модель пристрою для збору прополісу (версія 1.3)

Примітка. 1 – болти, що утримують дно та корпус пристрою; 2 – середня частина корпусу пристрою; 3 – дно пристрою; 4 – редуктор пристрою; 5 – захисні камери валів пристрою

Після цього дно пристрою знімається і ми можемо зняти середню частину корпусу (рис. 3.19, 2). Такий підхід забезпечує доступ до редуктора пристрою та інших частин (рис. 3.19, 4). У випадку необхідності ремонту редуктора слід відгвинтити 14 болтів (DIN 933, M3, з шестигранною голівкою і повною різьбою, довжиною 45 мм). Шестерні редуктора фіксуються швидкозмінними стопорними кільцями (DIN 6799). Пристрій забезпечений двома незалежними редукторами по одному на кожну пару валів, що забезпечує роздільний реверс кожної пари валів. Електричні мотори пристрою замінені. За необхідності зміри моторів слід відгвинтити 4 болти.

Для доступу до валів пристрою за необхідності слід зняти захисну камеру, що складається з двох частин які фіксуються у дні та кришці пристрою відповідно (рис. 3.19, 5).

Отже, пристрій очищує сітки з прополісом шляхом їх механічного згинання хвилеподібно. Пристрій відповідає високим вимогам ремонтпридатності за яких всі наявні деталі та механізми за необхідності можуть бути замінені аналогічними. За результатами випробувань встановлено, що охолоджені до $+5^{\circ}\text{C}$ сітки можуть бути очищені з використанням пристрою 100 раз без видимих візуальних механічних пошкоджень. Дослідна модель пристрою використовувалась протягом 3-ох пасічних сезонів та не потребувала додаткового обслуговування та ремонту. Враховуючи конструктивні особливості пристрою, гарантійний термін серійного виробництва 5 років, а термін придатності необмежений.

3.5. Удосконалення обладнання для виробництва прополісу

За результатами випробувань пристрою були узагальнені такі недоліки у його проектуванні і виробництві: наявність великого вхідного отвору розміром 38x220 мм не забезпечує центрування сітки з прополісом для її потрапляння між першою парою валів. У результаті сітка під час вставлення може потрапляти поза вали, що зумовлює необхідність її повторного виймання на вставлення з невизначеною кількістю разів. Це значно ускладнює роботу та збільшує час на очищення однієї сітки і знижує продуктивність роботи оператора. Для усунення недоліків визначено завдання змінити конструкцію верхньої частини пристрою (креслення подано у додатку Б, рис. Б. 2). У верхній частині корпусу було спроєктовано посадкове гніздо (рис. 3.20, 1), фіксатор направляючої та направляюча, що забезпечує проходження сіток під час їх очищення безпосередньо в центр між першою парою валів.

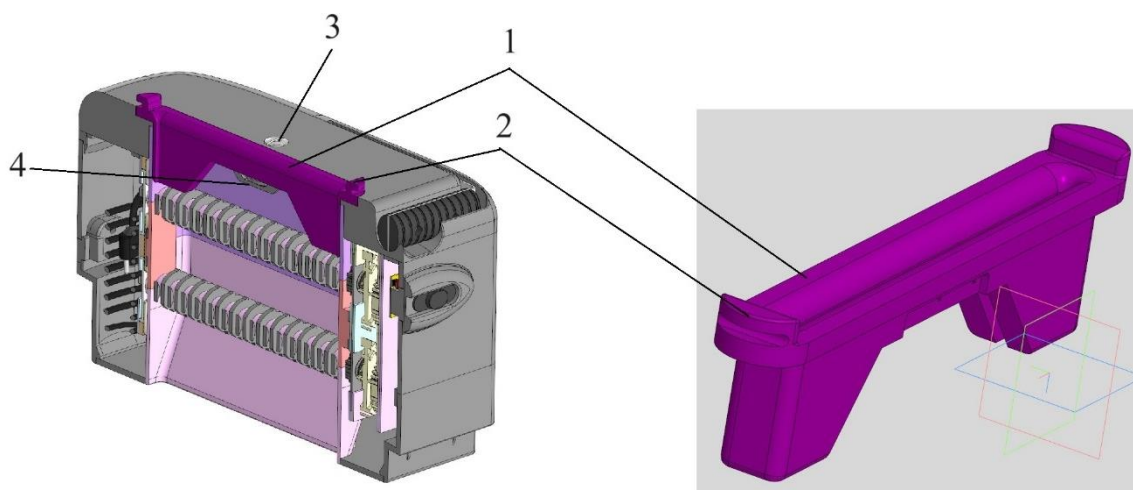


Рис. 3.20. Дослідна 3D модель пристрою для збору прополісу (версія 1.3)

Примітка. 1 – направляюча для сіток; 2 – ручки для виймання направляючої; 3 – фіксатор направляючої; 4 – отвір для фіксації направляючої

За результатами 3d моделювання та проєктування нами було виготовлено дослідну модель пристрою (рис. 3.21). Направляюча для сітки вставляється в отвір верхньої частини оператором за бокові ручки (рис. 3.20, 2) та фіксується поворотом фіксатора з обох боків (рис. 3.20, 3).

За необхідності очищення валів пристрою від залишків прополісу направляюча виймається і через отвір розміром 38x220 мм оператор може очистити вали використовуючи щітку по металу.

Подальші випробування пристрою (рис. 3.21) на пасічних господарствах сформували ряд пропозицій з його удосконалення. У результаті було запропоновано перспективну модель, що може бути вироблена і впроваджена у виробництво після ряду випробувань (рис. 3.22). Пристрій версії 1.4 було удосконалено порівняно з версією 1.3 на основі результатів виробничих випробувань. Корпус пристрою слід виконати з нержавіючої листової сталі методом згинання та штампування, що значно здешевить виробництво.



А

Б

В

Рис. 3.21. Виготовлена дослідна модель пристрою для збору прополісу (версія 1.3)

Примітка. А – зображення пристрою зверху під кутом; Б – верхня частина виготовленого пристрою з вставленою направляючою; В – направляюча пристрою

Основний блок пристрою і підставку виконали окремо, щоб можна було відокремлювати верхню частину пристрою (блок) для чищення валів та зберігати її в компактному розмірі. Пристрій забезпечений металеву підставкою, що дає можливість виймати лоток з прополісом та сітками без необхідності піднімати пристрій щоразу (рис. 3.22, 1).

У версії 1.3 верхня частина була овальною, що робило його менш стійким під час перевертання для доступу до нижньої пари валів. Тому у версії 1.4 цей недолік враховано, і верхню та нижню частину пристрою виконано рівномірно, щоб мати можливість обертати пристрій у випадку необхідності очищення валів (рис. 3.22, 4).

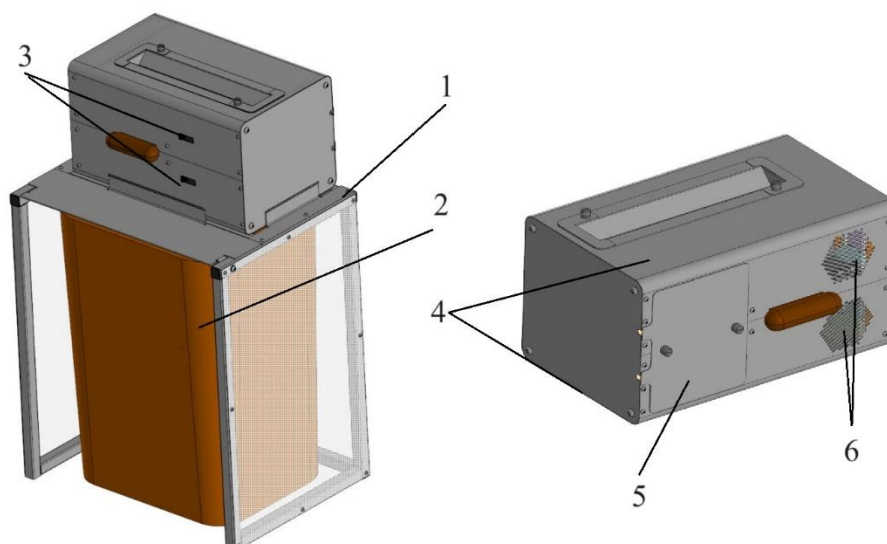


Рис. 3.22. 3D модель з відображенням пропозицій автора з подальшого удосконалення пристрою для серійного виробництва (версія 1.4)

Примітка. 1 – металева конструкція для встановлення пристрою очищення сіток від прополісу; 2 – лоток для збору очищеного прополісу та сіток; 3 – вимикачі для кожної пари валів із можливістю включення реверсу; 4 – плоска поверхня верхньої та нижньої частини пристрою, що забезпечує його надійне закріплення на підставці; 5 – відсік для мережевого кабелю живлення; 6 – отвори для забезпечення належного охолодження електро двигунів

Розділення живлення за парами валів у версії 1.3 довело правильність технічного рішення, тому цей принцип слід зберегти у версії 1.4. Пристрій забезпечено роздільними вимикачами для нижньої і верхньої пари валів з можливістю реверсу (рис. 3.22, 3), що надає технічну можливість за необхідності очищення нижньої пари валів не вмикаючи верхню і навпаки. Важливо для роботи пристроїв з електромоторами забезпечити належну вентиляцію та охолодження. Відповідно до версії 1.3, версія пристрою 1.4 має бути обладнана отворами для вентиляції і охолодження двигунів (рис. 3.22, 6).

Для зручності використання пристрою та його обертання за необхідності, слід ручки пристрою розмістити з обох сторін для зручності обертання пристрою під час очищення нижньої пари валів від прополісу (креслення подано у додатку Б, рисунки Б3, Б4).

3.6. Конструктивні особливості процесу очищення сітки з використанням нового обладнання

В основу конструкції валів та процесу очищення сіток запрополісованих медоносними бджолами покладено результати дослідження особливості етології медоносних бджіл (п. 3.1) підчас накопичення прополісу у засобах для його збору та основні фізичні властивості прополісу (п. 1.2–1.3).

За результатами дослідження нами доведено, що медоносні бджоли підчас накопичення прополісу у засобах для його збору з однієї сторони утворюють виїмки, а з іншої напівсфери (арки). Отже, якщо сітка проходить першу пару валів її частини зовнішньої сторони згинаються усередину (рис. 3.23, А5). Після проходження першої пари валів сітка розгинається оскільки відстань між першою і другою парою валів 74 мм (додаток Б, рис. Б.2).

Надалі сітка потрапляє у нижню пару валів де металеві диски котрі розміщені так, щоб деформувати туж частину сітки у зворотному напрямі деформують її повторно хвилеподібно (рис. 3.23, Б6).

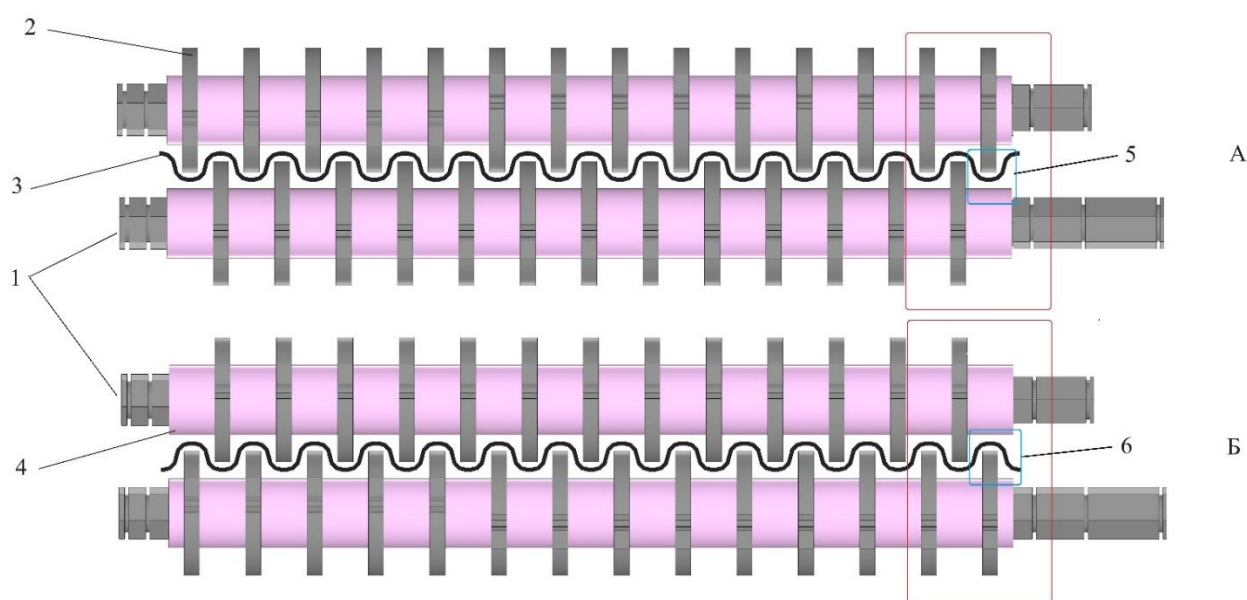


Рис. 3.23. 3D модель процесу очищення прополісу шляхом механічної деформації засобів його збору спеціально сконструйованими набірними валами

Примітка. А – верхня пара валів; Б – нижня пара валів; 1 – металевий сердечник збірного валу; 2 – металеві диски збірного валу; 3 – деформована хвиля подібно еластична сітка покрита прополісом; 4 – пластмасові вставки для утворення проміжку між металевими дисками та їх фіксації; 5 – хвиля еластичної сітки, що деформується верхньою парою валів; 6 – хвиля еластичної сітки, що деформується нижньою парою валів у зворотному напрямку в тій же площині

Деформація сітки у формі хвилі забезпечується відстанню між дисками 10–12 мм та розміщенням між двома дисками одного валу посередині диском протилежного валу однієї пари. Проходження сітки між двома металевими дисками одного валу і диском протилежного валу деформує сітку з висотою хвилі 5 мм.

Одночасно з деформацією сітки у формі хвилі відбувається і її розтягування, що забезпечується круглою формою металевих дисків. Загалом процес деформації і розтягування сітки забезпечує її очищення за один цикл на 71,79 % (табл. 3.8). Міцність сітки (EVA) на розрив, що застосовується у дослідженні складає $23,839 \pm 0,611$ N та є достатньою для очищення 100 раз з використанням пристрою без видимої механічної деформації.

Таблиця 3.8

**Основні фактори, що впливають на процес очищення
засобів збору прополісу (сітка EVA), n=7**

№	Регіональне походження (область)	M1, г	M2, г	CO, %	MB, %	MD, %	T, с
1	Черкаська	63,49	49,00	77,18	46,1	20,4	36,99
2	Полтавська ¹	59,06	40,63	68,82	56,1	22,7	47,74
3	Тернопільська ¹	60,13	40,54	67,45	47,4	23,5	50,25
4	Хмельницька	55,26	40,43	73,19	64,8	24,0	51,11
5	Житомирська	60,43	42,27	69,98	59,9	23,4	53,08
6	Тернопільська ²	52,35	39,63	75,86	89,3	28,7	50,98
7	Полтавська ²	63,64	44,56	70,08	59,1	17,4	49,46

Примітка. 1 – Полтавська МТГ, Полтавський район, Полтавська область; Тернопільський район, Тернопільська область; 2 – Щербанівська СТГ, Полтавський район, Полтавська область; Підгаєцький район, Тернопільська область; M1 – маса сітки з прополісом, г; M2 – маса сітки без прополісу після одного циклу очищення, г; CO – ступінь очищення сітки

після одного циклу очищення, %; МВ – масова частка воску у зразках прополісу, %; МД – масова частка механічних домішок, %; Т – час витрачений на очищення, с.

Відомо, що прополіс складається з рослинних смол (50–70 %), олій та восків (30–50 %), пилкових зерен (5–10 %). Склад прополісу визначає його фізичні властивості. Як відомо, прополіс має адгезивні властивості. Загалом робота адгезії прополісу пов’язана із зниженням його температури.

Рівень очищення визначали за співвідношенням (3.8):

$$CO = \left(\frac{M_{2,r}}{M_{1,r}} \right) \times 100 \quad 3.8$$

Для визначення які саме фактори наведені у таблиці 3.8 можуть впливати на ступінь очищення сіток від прополісу було проведено статистичний аналіз даних. Так, за його результатами, значення Р (рис. 3.24) вказує на статистичну значущість коефіцієнтів. Значення, що менші за 0,05, вважаються статистично значущими.

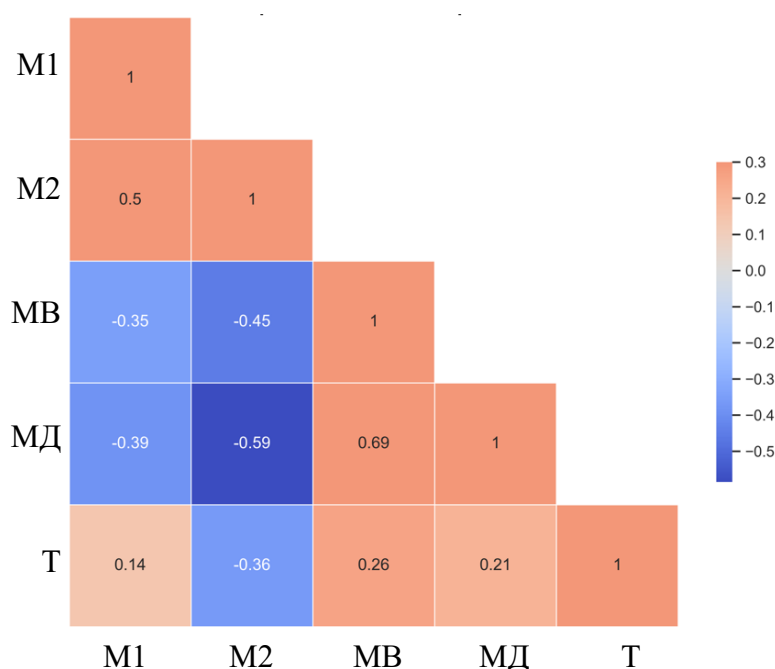
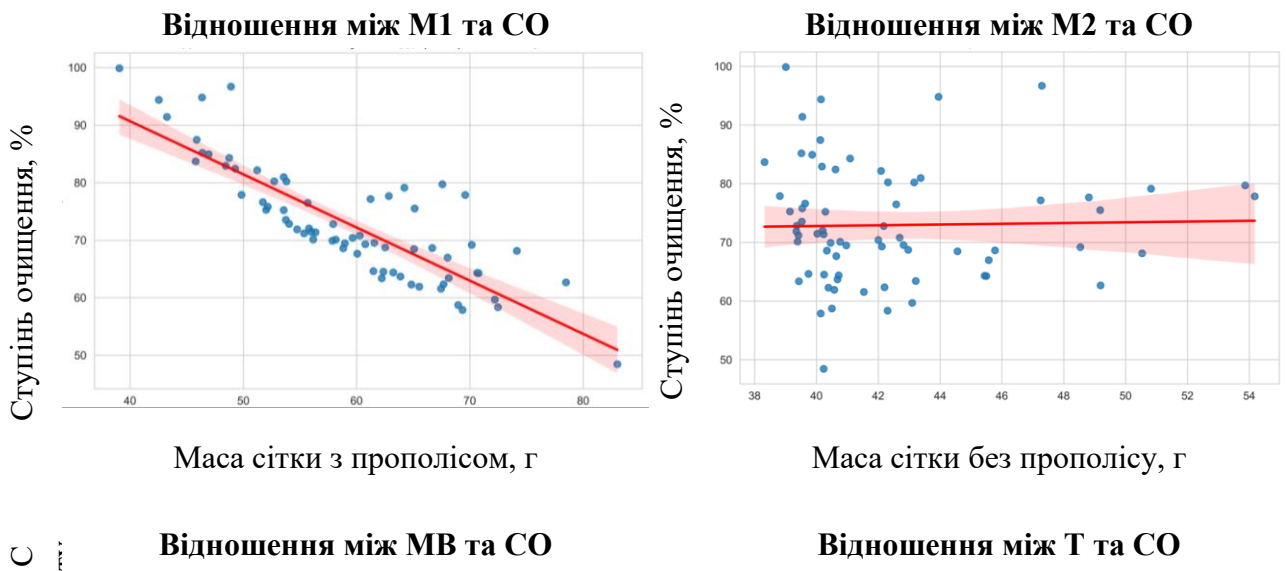


Рис. 3.24. Кореляційна матриця впливу різних факторів на процес очищення сіток

Примітка. M1 – маса сітки з прополісом, г; M2 – маса сітки без прополісу після одного циклу очищення, г; MB – масова частка воску у зразках прополісу, %; MD – масова частка механічних домішок, %; T – час витрачений на очищення, с.

Довірчий інтервал показує діапазон, у якому ми очікуємо знайти істинне значення коефіцієнта з певною ймовірністю (у розрахунках – 95 %). Виходячи з отриманих даних, усі змінні, крім масової частки механічних домішок (%), статистично значущі ($P < 0,05$). Це означає, що вони мають значущий вплив на цільову змінну (рівень очищення сітки) в рамках цієї моделі.

Результати регресійного аналізу впливу факторів на ступінь очищення відобразили графічно. Кожен з графіків відтворює характер впливу окремого фактору на залежну змінну. Червоним відображено лінію регресії та довірчі інтервали за рівня довірчої ймовірності 0,95, а точками показано окремі спостереження (рис. 3.25). Такий підхід сприяє глибшому розумінню зав'язків між змінними та визначенню того, наскільки відображені тенденції є значущими та статистично обґрунтованими.



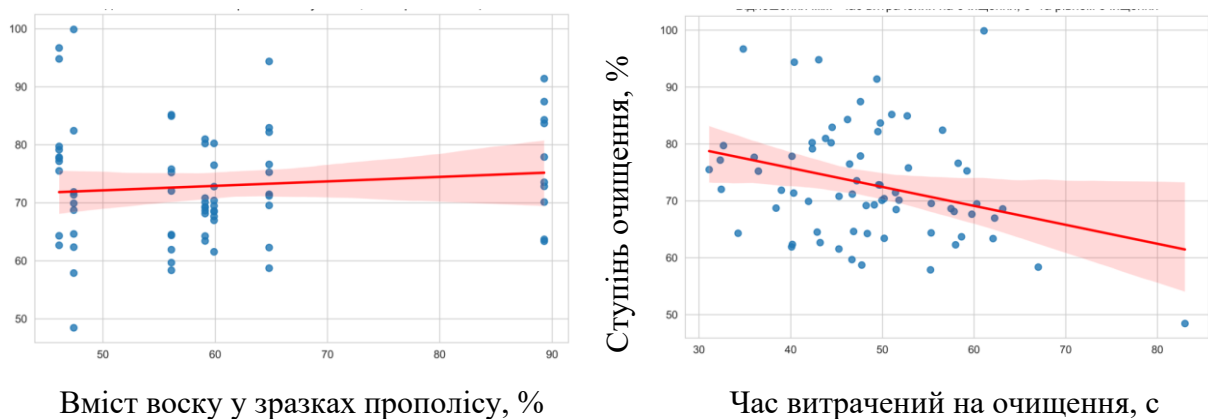


Рис. 3.25. Графічне відображення результатів дослідження відношення між різними факторами впливу на ступінь очищення

Примітка. М1 – маса сітки з прополісом, г; М2 – маса сітки без прополісу після одного циклу очищення, г; МВ – масова частка воску у зразках прополісу, %; МД – масова частка механічних домішок, %; Т – час витрачений на очищення, с.

Значення для парної кореляції часу очищення та ступеня очищення, коефіцієнт Пірсона = -0,311 вказує на слабку негативну лінійну кореляцію між двома змінними (рис. 3.26–3.27). Лінійність означає, що взаємозв'язок між змінними може бути описаний прямою лінією. Значення -0.311 не є дуже високим, тому взаємозв'язок є досить слабким.

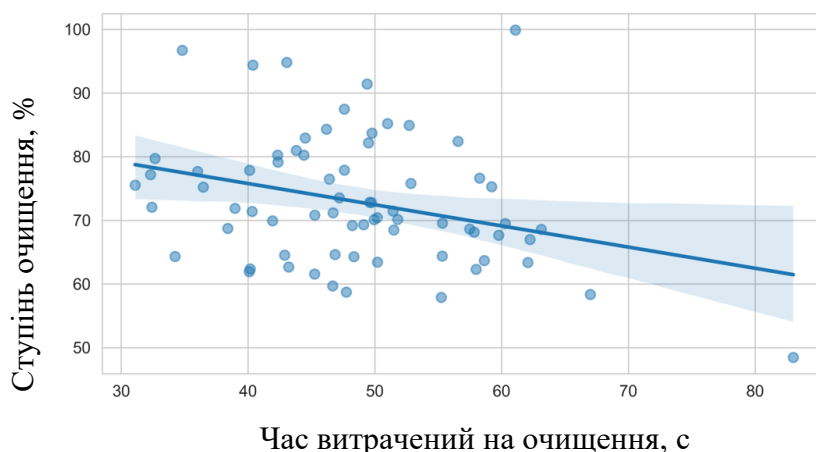


Рис. 3.26. Парна регресія між часом витраченим на очищення та відсотковим значенням ступеня очищення

Коефіцієнт Спірмена = $-0,267$ вказує на слабку негативну кореляцію, але в контексті рангової кореляції. Коефіцієнт Спірмена вимірює монотонний зв'язок між змінними, який не обов'язково є лінійним. Це може означати, що коли одна змінна збільшується, інша має тенденцію зменшуватися, але не обов'язково з постійною швидкістю.

Обидва коефіцієнти вказують на негативну кореляцію: якщо одна змінна збільшується, інша схильна зменшуватися. Кореляція є слабкою оскільки обидва коефіцієнти не є дуже близькі до -1 або 1 , зв'язок між змінними не є сильним. Невелика різниця у значеннях коефіцієнтів може вказувати на те, що зв'язок між змінними може не бути ідеально лінійним, але все ж є деяка монотонна тенденція.

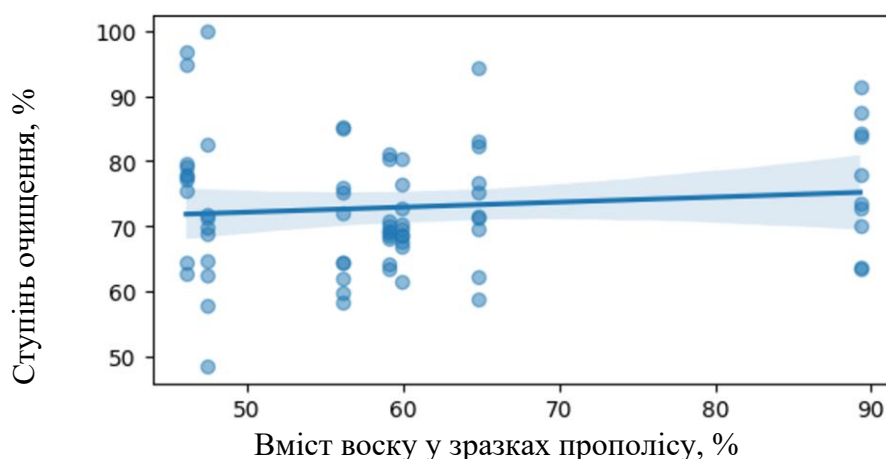


Рис. 3.27. Парна регресія між вмістом воску у зразках прополісу та відсотковим значенням ступеня очищення

Коефіцієнт кореляції Пірсона між змінною МВ (вміст воску у зразках прополісу) і цільовою змінною становить приблизно $0,104$, що вказує на слабку позитивну лінійну кореляцію. Коефіцієнт кореляції Спірмена також незначний і дорівнює приблизно $0,049$, що підтверджує слабкий монотонний зв'язок між цими змінними. Через слабку кореляцію лінія регресії не виглядає як ідеальне представлення взаємозв'язку між цими двома змінними. Це може вказувати на те, що зв'язок між ними може бути нелінійним.

За нашими спостереженнями, можемо відмітити, що медоносні бджоли спочатку покривають розрідженим прополісом каркас сітки, а потім послідовно по периметру отвору сітки формують утворення з прополісу. Деформація та розтягування сітки у процесі очищення дозволяє отримати прополіс відкладений безпосередньо у отворі сітки, водночас прополіс відкладений на каркасі сітки залишається. Подальше розміщення сіток у бджолиних сім'ях виключає необхідність бджіл покривати каркас сітки прополісом повторно, що сприяє зменшенню часу прополісування сітки за повторного використання.

3.7. Фізико-математичне моделювання процесу очищення сітки з використанням нового обладнання

3.7.1. Оцінка факторного простору та визначення рушійної сили процесу очищення. Однією з найважливіших проблем забезпечення якості очищення засобів збору (сіток EVA) для продуктивного накопичення прополісу є механізація процесу долання його адгезії. Процес долання адгезії повинен проходити за певних вимог для його практичної реалізації. Для забезпечення цього використовували розроблений пристрій, конструктивна схема якого наведена на рис. Б.2, у додатку Б.

Виконавчими органами пристрою є пара валів, на поверхні яких виконані диски з певним кроком (рис. 3.23). Сітка, що очищується заходить у пристрій через отвір для її подачі у верхній частині корпусу (рис. 3.13, 4). Попередньо сітка з прополісом охолоджується до температури $+5^{\circ}\text{C}$, що дозволяє значно зменшити адгезійну здатність елементів сітки до прополісу. За знаходження сітки між валами (рис. 3.23) навантаження згину збільшує площу комірки сітки і під дією відцентрової сили F_c за обертання вала з кутовою швидкістю ω прополіс осипається донизу. Водночас відцентрова сила F_c перевищує силу налипання прополісу до сітки, тобто її адгезійну здатність F_{ad} . Отже, рушійною силою досліджуваного процесу є відцентрова сила F_c , яку можна визначити за формулою 3.9.

$$F_e = \frac{m \cdot v^2}{R} = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot R^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R, \quad 3.9$$

де m – маса прополісу, що міститься на сітці, кг;

R – радіус валу, м;

ω – лінійна та кутова швидкість валу, рад/с;

v – лінійна швидкість валу, м/с.

Основними факторами процесу очищення є технологічні параметри валу, фізико-механічні властивості прополісу та конструктивні характеристики розробленого пристрою для очищення.

Серед основних фізико-механічних властивостей прополісу відзначали густину продукції ρ , коефіцієнти теплопровідності λ та температуропровідність a , теплоємність c , які були визначені за температури $+5^\circ \text{C}$.

З переліку технологічних параметрів процесу очищення досліджувались: маса прополісу m_i , що вилучається із сітки після циклу очищення; власне коефіцієнт очищення сітки від прополісу $k_{оч}$; час обробки сітки з прополісом t ; середній розмір часток сировини ℓ ; лінійна v та кутова ω швидкості руху валу пристрою для очищення. Для ефективного здійснення процесу очищення використовували такі конструктивні параметри:

1. Радіус вальця R , кількість дисків на одному з валів ($n=14$), лінійні розміри сітки ($B \times L=200 \times 390$ мм), відстань між дисками ($d=10 \dots 11$ мм), товщина диску (2,5 мм), глибина заходження сітки у простір між дисками ($h=4 \dots 5$ мм);

2. Безрозмірна ширина робочої дії в одному сегменті сітки (рис. 3.28) $d=d_i/d_n$; $d_i = 10 \dots 11$ мм – поточне значення параметру у сегменті, $d_n=13 \dots 15$ мм – значення цього параметру, що відповідає мінімальному очищенню;

3. Безрозмірна глибина вигину сітки $h=h_i/h_n$; $h_i=4 \dots 5$ мм – поточне значення параметру у сегменті; $h_n=1 \dots 2$ мм – значення цього параметру, що відповідає мінімальному очищенню.

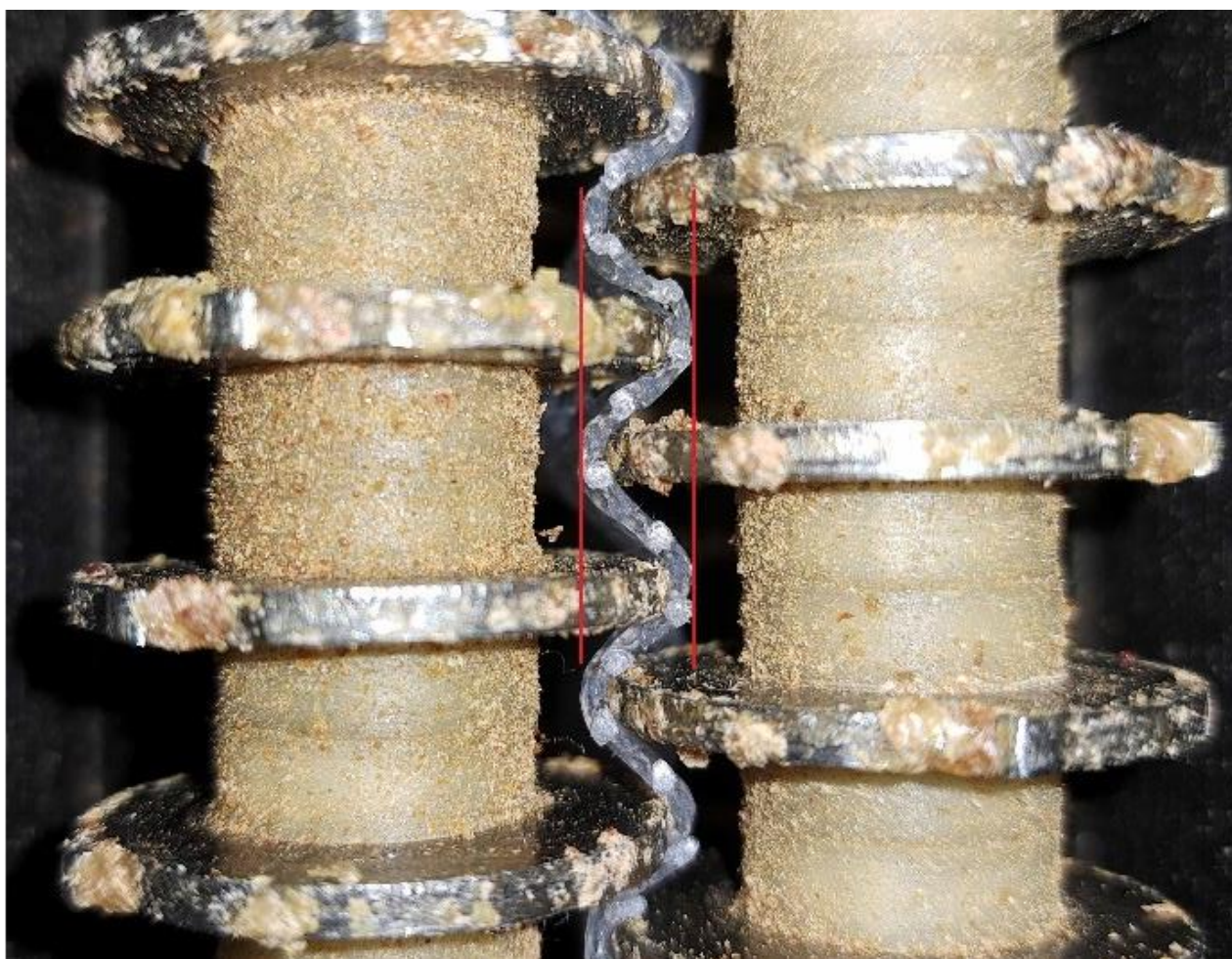


Рис. 3.28. Глибина згинання сітки у процесі очищення валами пристрою

Особливості перебігу досліджуваного процесу очищення, для якого характерні дія відцентрових сил та потоку часток продукції, вимагають використання у моделі число Ейлера Eu , як міру відношення сил тиску та швидкості продуктового потоку. Наявність локальних переміщень часток продукції під дією сил зсуву виявляє доцільність представлення у шуканому рівнянні числа Фур'є Fo , як співвідношення швидкості зміни температурного поля з фізичними властивостями та розмірами часток сировини.

Вище зазначені критерії подібності були представлені через вказані фізико-механічні та реологічні фактори досліджуваного процесу очищення.

Критерій Ейлера представили як (формула 3.10):

$$Eu = \frac{P}{\rho \cdot S_0 \cdot v^2}, \quad (3.10)$$

де P – опір середовища, що дорівнює навантаженню, яке діє у процесі обробки на продукцію;

$H; S_0$ – загальна площа силової контактної дії у робочому об'ємі, м²;

v – швидкість руху часток продукції за втрачання контакту із сіткою під дією відцентрових сил.

Опір середовища можна визначити за величиною сили, що зумовлюється дією адгезійних сил налипання, а також за величиною відцентрових сил F_e , що приводить саме до зсуву часток прополісу, долаючи величину адгезійну здатність сітки до прополісу, тобто використовуючи формулу (3.9).

Площу силової контактної дії визначали як добуток ширини робочої дії в одному сегменті сітки d_i та глибини вигину сітки h_i із врахуванням кількості таких сегментів $(n-1)$, тобто (формула 3.11):

$$S_0 = d_i h_i (n - 1) = 13 S_i, \quad (3.11)$$

де $S_i = d_i h_i$ – площа силової контактної дії одного сегменту;

$(n-1) = 13$ – кількість контактних пар сітки між дисками суміжних валів.

Швидкість руху часток продукції у відцентровому полі за обертання валів можна ототожнити із лінійною швидкістю обертання валів. Отже, переписали формулу (3.10) у вигляді:

$$Eu = \frac{F_e}{\rho \cdot S_0 \cdot v^2} = \frac{m_i}{13 \rho d h R}, \quad (3.12)$$

m_i – маса продукції для реалізації i -того циклу обробки сітки.

Число Фур'є визначали за формулою 3.13:

$$Fo = \frac{a \cdot t}{l^2}, \quad (3.13)$$

де $t=8, 38$ с – час характерних змін у процесі, тобто протяжність циклу очищення сітки від прополісу;

l – характерний розмір часток продукції, тобто середній діаметр часток прополісу після очищення: $l=1,25$ мм; $a=2,3 \cdot 10^{-8}$ м²/с.

Конструктивні характеристики процесу очищення оцінювали показаними вище безрозмірними комплексами: безрозмірною шириною робочої дії в одному сегменті сітки $d=d_i/d_n$; безрозмірною глибиною вигину сітки $h=h_i/h_n$; безрозмірна контактна площа $S=S_i/S_n$, $S_n=d_n h_n$ – максимально неефективна контактна площа, за якої нівелюється процес очищення сітки від прополісу.

Ефективність процесу очищення оцінювали коефіцієнтом очищення $k_{оч}$, що визначали так:

$$k_{оч} = \frac{m_i}{m_0}, \quad (3.14)$$

де m_i – маса продукції для i -того циклу, тобто маса прополісу, що відкладена бджолами у сітці, у середньому $m_i=21,77$ г;

m_0 – маса прополісу, що виходить із сітки, яку визначали як:
 $m_0=m_i-m_n-m_{нс}$;

$m_{нс}$ – маса прополісу, що після обробки налипає до сітки: у середньому $m_{нс}=5,66$ г;

$m_{нв}$ – маса прополісу, що після обробки налипає до валів: у середньому $m_{нв} = 0,62$ г.

3.7.2. Складання загального степеневого рівняння досліджуваного процесу. Використовуючи теорію розмірностей, як метод математичного аналізу, на першому етапі розрахунку звели вище зазначені фактори досліджуваного процесу очищення у таблицю 3.9.

На основі даних таблиці 3.9 представлену функцію виражаємо через матриці розмірностей у вигляді степеневого ряду (формула 3.15) (табл. 3.10):

$$k_{оч} = t^\zeta \cdot \rho^\varepsilon \cdot a^\delta \cdot \ell^\xi \cdot m^\tau \quad (3.15)$$

Для представленого факторного простору число змінних 7 та кількість безрозмірних компонентів складає за π – теоремою $7-3=4$, тобто відповідає кількості обраних критеріїв подібності, зокрема чисел Фур'є, Ейлера, безрозмірних комплексів ширини та глибини очищення.

Основні розрахункові параметри процесу очищення

№ п/п	Найменування параметрів процесу	Розмірність
1	Густина продукції ρ , кг/м ³	кг·м ⁻³
2	Час одного циклу очищення t , с	с
3	Маса прополісу, що відкладена бджолами у сітці m_i , кг	кг
4	Коефіцієнт температуропровідності a , м ² /с	м ² ·с ⁻¹
5	Середній розмір часток прополісу ℓ , м	м
6	Радіус валу R , м	м
7	Площа силової контактної дії одного сегменту S_i , м ²	м ²

Таблиця 3.10

Матриця розмірностей досліджуваного процесу очищення

Параметри	ρ , кг/м ³	a , м ² /с	t , с	ℓ , м	m_i , кг	$k_{оч}$
M, кг	1				1	0
L, м	-3	2		1		0
T, с		-1	1			0
Степеневі коефіцієнти	ε	δ	ϵ	ξ	τ	

Враховуючи достатньо велику кількість факторів досліджуваного процесу, доцільно проводити його моделювання з використанням другої теорії подібності Федермана-Букінгема, що дозволяє обробити отримані експериментальні дані у формі критеріального рівняння.

3.7.3. Складання критеріального рівняння процесу очищення.

На наступному етапі моделювання співвідношення між основними факторами, що визначають процес, замінимо залежностями між представленими вище критеріями подібності. Для цього використовуємо матрицю розмірностей, яку складаємо за допомогою таблиці 3.10.

Складену у таблиці 3.11 матрицю розмірностей відтворюємо у такій системі рівнянь для степеневих коефіцієнтів загального рівняння очищення (формула 3.15):

$$\begin{cases} \tau + \varepsilon = 0 \\ 2\delta - 3\varepsilon + \xi = 0 \\ -\delta + \zeta = 0 \end{cases} \quad (3.16)$$

З першого рівняння системи (3.16) отримали:

$$\varepsilon = -\tau \quad (3.17)$$

З третього рівняння системи (3.16) склали:

$$\delta = \zeta \quad (3.18)$$

Із другого рівняння системи (3.16) отримали:

$$\xi = 3\varepsilon - 2\delta \quad (3.19)$$

Враховуючи рівняння (3.17), (3.18), (3.19) степенева функція (3.15) набула вигляду:

$$k_{оч} = t^\delta \cdot \rho^{-\tau} \cdot a^\delta \cdot \ell^{-2\delta} \cdot \ell^{3\varepsilon} \cdot m^\tau \quad (3.20)$$

Враховуючи рівняння з визначення числа Фур'є (3.13):

$$k_{оч} = \left[\frac{t \cdot a}{\ell^2} \right]^\delta \cdot \rho^{-\tau} \cdot m_i^\tau \cdot \ell^{3\varepsilon} = Fo^\delta \cdot \rho^{-\tau} \cdot m_i^\tau \cdot \ell^{3\varepsilon} \quad (3.21)$$

Враховуючи рівняння з визначення числа Ейлера (3.12) отримали:

$$k_{оч} = Fo^\delta \cdot \left[\frac{m_i}{13\rho \cdot S_i \cdot R} \right]^\tau \cdot 13S_i^\tau \cdot R^\tau \cdot \ell^{3\varepsilon} = Fo^\delta \cdot Eu^\tau \cdot 13S_i^\tau \cdot R^\tau \cdot \ell^{3\varepsilon} \quad (3.22)$$

Враховуючи залежність для безрозмірної контактної площі S_0 (3), рівняння (3.22) набуло вигляду:

$$k_{оч} = Fo^\delta \cdot Eu^\tau \cdot \left[\frac{S_i}{S_n} \right]^{-\varepsilon} \cdot 13R^\tau \cdot \ell^{3\varepsilon} \cdot S_n^{-\varepsilon} = Fo^\delta \cdot Eu^\tau \cdot S^{-\varepsilon} \cdot K \quad (3.23)$$

Очевидно, що у рівнянні (15) як постійний коефіцієнт K отримали вираз:

$$K = 13R^{\tau} \cdot \left[\frac{\ell^3}{S_n} \right]^{\varepsilon} \quad (3.24)$$

Тоді математична модель механічного процесу очищення прополісу представили у вигляді:

$$k_{оч} = Fo^{\delta} \cdot Eu^{\tau} \cdot S^{-\varepsilon} \cdot K \quad (3.25)$$

3.7.4. Графоаналітичний метод вивчення степеневих коефіцієнтів. Для отримання вихідних даних під час виконання графоаналітичного аналізу досліджуваного процесу очищення визначили значення вище представлених критеріїв Фур'є, Ейлера, безрозмірної площі контактної дії та коефіцієнта очищення сітки від прополісу у формулах (3.12), (3.13), (3.25) відповідно за допомогою експериментальних даних, що були отримані за результатами проведених досліджень. Результати розрахунку були занесені у таблицю 3.11.

Таблиця 3.11

Величини критеріїв подібності для досліджуваного процесу очищення

№	Параметр процесу	Дослідний зразок		
		1	2	3
	2	3	4	5
1	Коефіцієнт теплопровідності a , $10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$	2,3	2,3	2,3
2	Густина продукції ρ , $\text{г}/\text{см}^3$	0,954	0,953	0,952
3	Маса прополісу, що відкладена бджолами у сітці m_i , г	23,07	21,77	20,18
4	Середній розмір часток прополісу ℓ , 10^{-3} м	1,26	1,25	1,24
5	Радіус валу R , мм	31	31	31
6	Час одного циклу очищення t , с	8,5	8,38	8,25
7	Поточна ширина робочої дії в одному сегменті сітки d_i , см	1,1	1,05	1,0
8	Поточна глибина вигину сітки h_i , см	0,5	0,45	0,4
9	Площа силової контактної дії одного сегменту S_i , см^2	0,55	0,42	0,4
10	Недопустима ширина робочої дії в одному сегменті сітки d_n , см	1,5	1,4	1,3
11	Недопустима глибина вигину сітки h_n , см	0,2	0,15	0,1
12	Маса прополісу, що виходить із сітки m_0 , г	16,79	15,49	13,9
13	Максимально неефективна контактна площа одного сегменту S_n , см^2	0,3	0,21	0,13
14	Критерій Фур'є Fo	0,1231	0,1233	0,1234
15	Критерій Ейлера Eu	0,109	0,135	0,131
16	Безрозмірна площа контактної дії S	1,833	2,0	3,077
17	Коефіцієнт очищення сітки від прополісу $k_{оч}$	0,728	0,712	0,689

Використовуючи дані таблиці 3.11 та методику графоаналітичної оцінки степеневих функцій, побудували графік функції $k_{оч} = f(Fo)$. Ця функція є лінійною, графік якої складає із віссю абсцис кут φ (рис. 3.29).

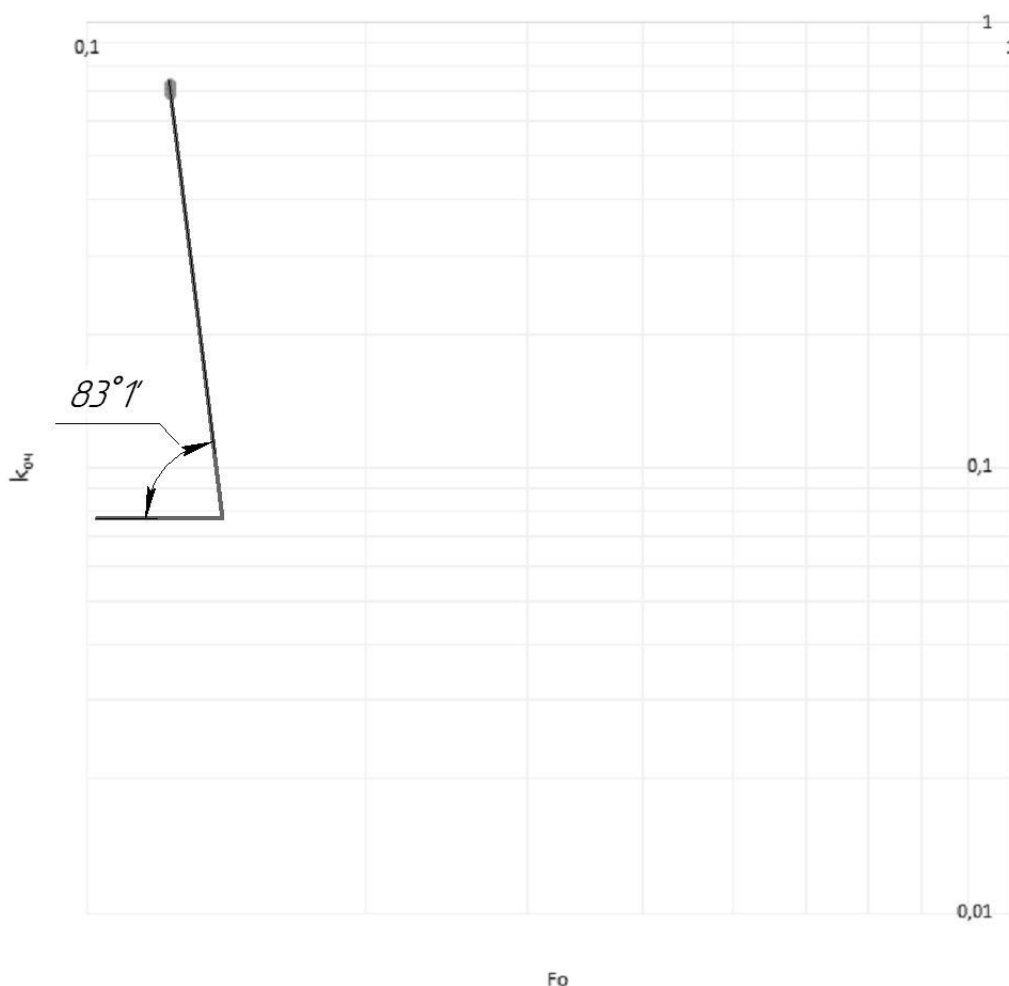


Рис. 3.29. Графік функції $k_{оч} = f(Fo)$

Тоді величина першого степеневого коефіцієнта становить:

$$\delta = \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(83,1^\circ) = 8,26 \quad (3.26)$$

Використовуючи попередню методику розрахунку, побудували графік функції $\frac{k_{оч}}{Fo^\delta} = f(Eu)$ використовуючи дані з таблиці 3.12. З даного графіка знайшли кут γ (рис. 3.30) його нахилу до осі абсцис та визначили величину другого степеневого коефіцієнту за формулою 3.27:

$$\tau = \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg}(17^\circ) = 0,3 \quad (3.27)$$

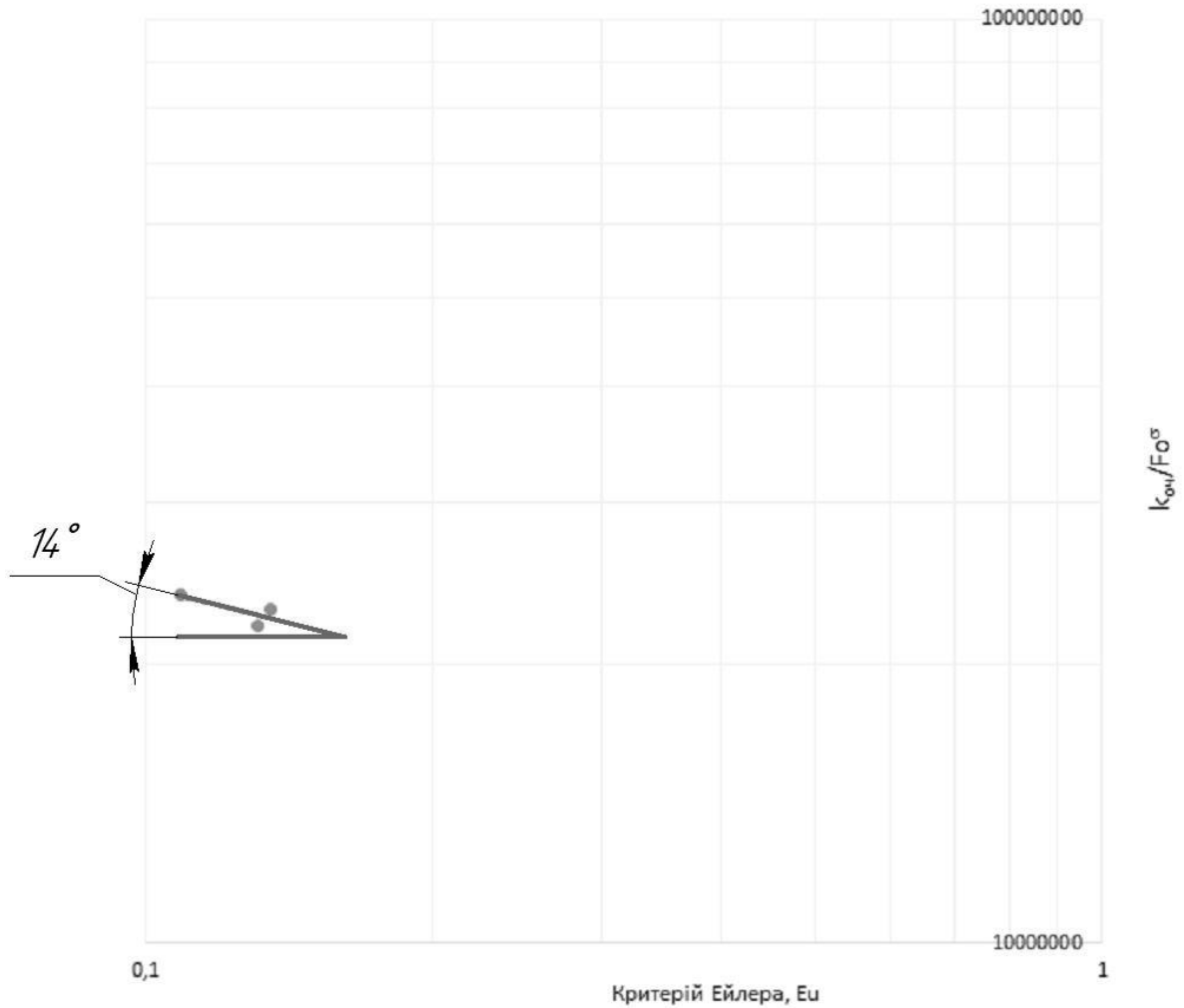


Рис. 3.30. Графік функції $\frac{k_{оч}}{Fo^\delta} = f(Eu)$

Таблиця 3.12

Розрахункові дані для визначення степеневих коефіцієнтів

Параметр процесу	Дослідний зразок		
	1	2	3
1	2	3	4
Безрозмірний компонент Fo^δ	3,06	3,10	3,12
Безрозмірний компонент Eu^τ	0,51	0,55	0,54
Безрозмірний компонент $\frac{k_{оч}}{Fo^\delta}$	23801255,26	22968095,27	22077810,57
Безрозмірний компонент $\frac{k_{оч}}{Fo^\delta Eu^\tau}$	46277715,59	41881752,92	40623245,19

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4
Безрозмірний компонент $\frac{k_{оч}}{Fo^\delta \cdot Eu^\tau \cdot S^{-\varepsilon}}$	41495659,28	36969148,8	33182695,73
$f(K) = 13R^\tau \cdot \left[\frac{\ell^3}{S_n} \right]^\varepsilon$	25,88	36,42	36,42

Далі побудували графік функції $\frac{k_{оч}}{Fo^\delta \cdot Eu^\tau} = f(S)$ (рис. 3.30) за допомогою даних з табл. 3.12.

З цього графіка (рис. 3.30) знайшли кут β його нахилу до осі абсцис та визначили величину другого степеневого коефіцієнту за формулою.

Тоді шукана різниця склала:

$$\varepsilon = -tg\beta = -tg(10^\circ 37') = -0,18 \quad (3.28)$$

Далі побудували графік функції $\frac{k_{оч}}{Fo^\delta \cdot Eu^\tau \cdot S^{-\varepsilon}} = f(K)$ (рис. 3.31)

за допомогою даних з табл. 3.12, визначили константу процесу K . Функція у лівій частині даного рівняння складає:

$$f(K) = 13R^\tau \cdot \left[\frac{\ell^3}{S_n} \right]^\varepsilon \quad (3.29)$$

Отже, із врахуванням отриманих залежностей (3.26), (3.27), (3.28) та рівняння (3.25) остаточно визначили критеріальне рівняння процесу очищення сіток від прополісу:

$$k_{оч} = Fo^\delta \cdot Eu^\tau \cdot S^{-\varepsilon} \cdot K = 111 \cdot Fo^{8,26} \cdot Eu^{0,3} \cdot S^{-0,18} \cdot \quad (3.30)$$

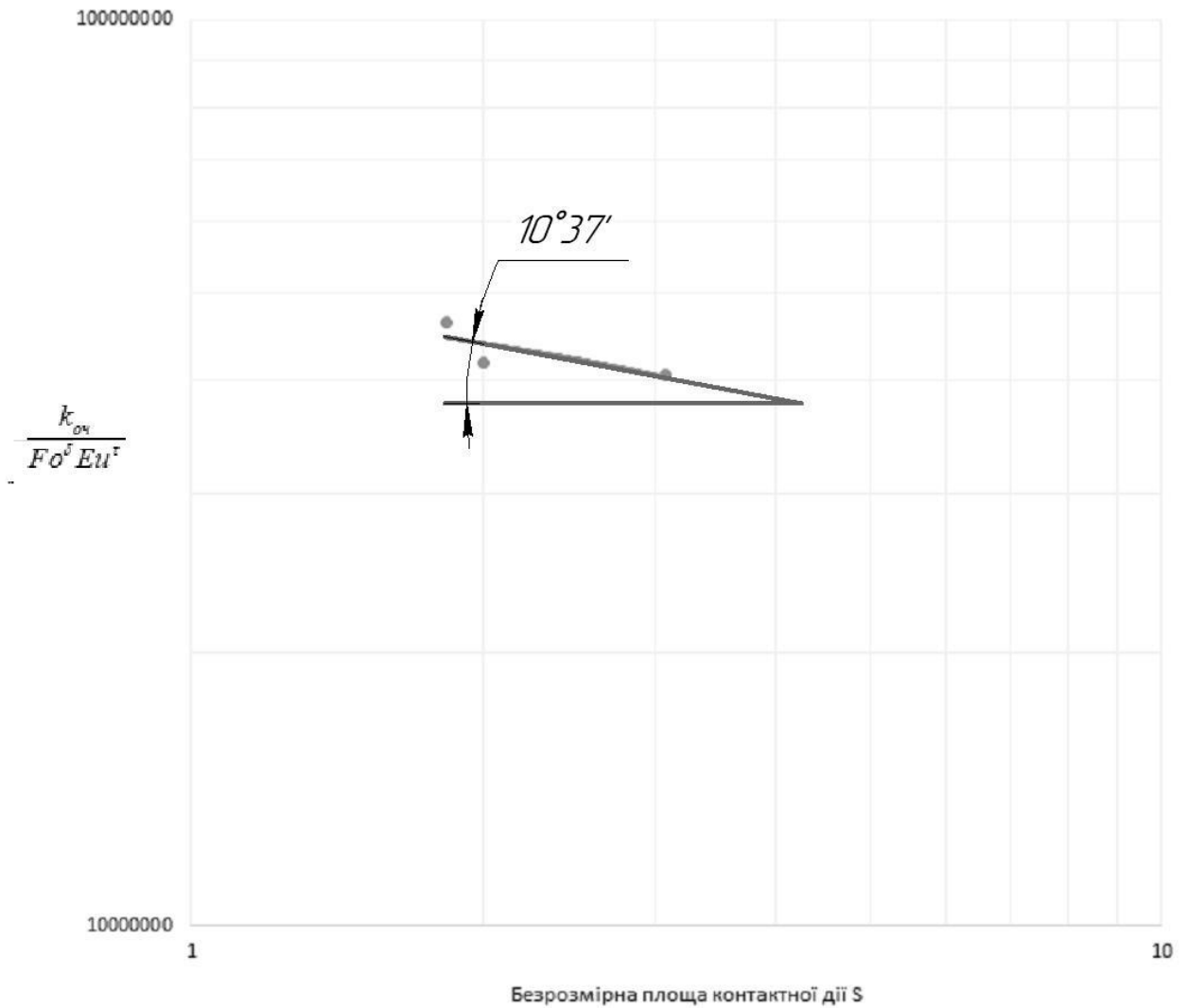


Рис. 3.30. Графік функції $\frac{k_{оч}}{Fo^\delta Eu^\tau} = f(S)$

Представлене рівняння процесу очищення засобів збору (сіток EVA) від прополісу ілюструє залежність між основними факторами впливу, а саме, густини продукції ρ , температуропровідності a , часу робочого циклу обробки t , середнього розміру часток сировини l , лінійної v та кутової ω швидкості руху валів пристрою для очищення, що скомпоновані у числа подібності Ейлера Eu та Фур'є Fo , контактної площі S через конструктивні параметри у вигляді поточної ширини робочої дії та глибини вигину у сегментах сітки.

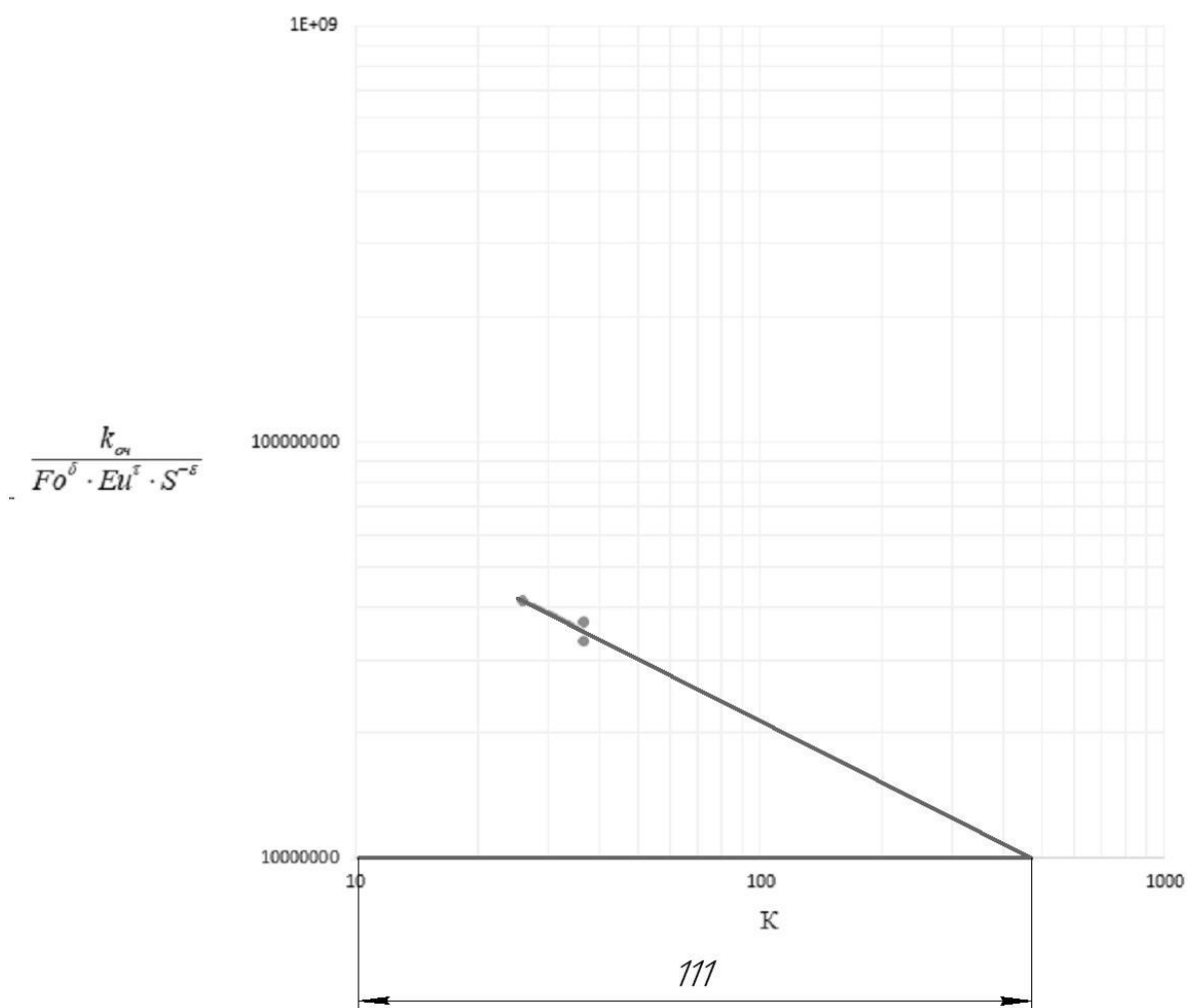


Рис. 3.31. Графік функції $\frac{k_{оч}}{Fo^{\delta} \cdot Eu^{\tau} \cdot S^{-\epsilon}} = f(K)$

Серед перерахованих характеристик переважаючий вплив у досліджуваному процесі виявляє коефіцієнт теплопровідності, час робочого циклу обробки, середній розмір часток сировини на величину коефіцієнту очищення $k_{оч}$. Використовуючи складене рівняння (3.29) та розроблену програму, знаходимо рекомендований ряд параметрів робочого режиму для операції очищення сіток від прополісу в умовах дії означених факторів. Очевидно, що аналіз складених рівнянь дозволяє оцінити динаміку зміни означених параметрів за зміни робочих режимів досліджуваного процесу, використовуючи формулу (3.30).

Висновки до розділу 3

Важливою передумовою розробки обладнання було дослідження інстинктів медоносних бджіл, щодо маніпулювання прополісом та його накопичення у гнізді. Встановлено, що з тієї сторони, де бджоли мають доступ до сітки і отворів під час закладання прополісу вони формують виїмку, не залежно від вертикального чи горизонтального розміщення засобів збору. З іншої сторони, де медоносні бджоли не мають доступу, вони утворюють напівсферичні виступи. Отже, засоби для збору прополісу після їх прополісування бджолами мають лицьову та зворотну сторони. У випадку якщо бджоли мають доступ з обох сторін засобів збору, відкладений прополіс буде мати форму пластини, яка заповнює отвір сітки. Отже, під час маніпулювання сітками слід розміщувати сітки однією і тією ж стороною до гнізда бджіл. Інакше, бджоли переносять раніше відкладений прополіс, що зменшує наповненість отвору сітки, вагу зібраного прополісу, а отже й продуктивність загалом. Тому ці особливості ми рекомендуємо врахувати у технології виробництва прополісу.

Сьогодні, прополіс отримують шляхом механічного зчищення стамесками, ножами чи іншими предметами, враховуючи його фізичні властивості. Очищення решіток та еластичних сіток виконується шляхом механічного згинання їх руками після охолодження (заморожування) та зниження адгезії прополісу. Встановлено, що найбільш доцільним способом є використання еластичних сіток EVA, які мають значний ресурс деформації за низьких температур та виготовлені з матеріалів, допущених до контакту з харчовими продуктами.

Застосовуючи методи 3D-конструювання та твердотілого моделювання, спроєктовано пристрій для очищення еластичних сіток EVA. Визначено конструкційні особливості набірних валів і оптимальні параметри елементів пристрою: редуктора, каркасу та корпусу. Результати програмного проєктування дають можливість організувати промислове серійне виробництво обладнання.

Проекти корпусу пристрою у форматі *.stl, деталі каркасу з металу у форматі *.cdr. Застосування адитивних технологій 3D-друку та лазерної різки металу дало можливість швидко виготовити дослідні моделі з подальшим їх випробуванням.

Сконструйований пристрій для очищення засобів збору прополісу відповідає основним вимогам нормативних документів з безпеки машин для харчової промисловості ДСТУ EN ISO 12100:2016, ДСТУ EN 60204-1:2015, ДСТУ prEN 1672-1-2001. Пристрій відповідає високим вимогам ремонтпридатності, всі наявні деталі та механізми за необхідності можуть бути замінені аналогічними.

За результатами виробничих випробувань пристрій було удосконалено. Остання версія, по відношенню до базової має такі конструктивні удосконалення: пристрій забезпечено двома парами валів; зменшено масу через полегшення конструкцій; зменшено сердечники та вкладки валів; збільшено глибину згинання сітки за рахунок зменшення відстані між вкладками; рухомі вузли пристрою захищено камерою, що виключає потрапляння крихт прополісу; розроблено направляючу для сітки, що створює передумови безпечної роботи з пристроєм та направляє сітку під час її вставляння безпосередньо у центр між валами. Пристрій рекомендовано до серійного виробництва та використання на пасічницьких господарствах.

Сконструйовано вали, які забезпечують одночасне втягування та механічну деформацію сітки за необхідних параметрів. Покриті прополісом засоби для збору прополісу після проходження першої пари валів розгинаються, оскільки відстань між першою і другою парою валів становить 74 мм. Деформація сітки у формі хвилі забезпечується відстанню між дисками 10–12 мм та розміщенням між двома дисками одного валу посередині диском протилежного валу однієї пари. Проходження сітки між двома металевими дисками одного валу і одним протилежного деформує сітку з висотою хвилі 5 мм. Завдяки запропонованій конструкції валів, очищення засобів збору прополісу відбувається за одне проходження у пристрої.

Методами фізико-математичного моделювання розроблено критеріальне рівняння процесу очищення засобів збору прополісу, яке показує залежність між основними факторами впливу на цей процес, а саме: густини продукції ρ , температуропровідності a , часу робочого циклу обробки t , середнього розміру часток сировини ℓ , лінійної v та кутової ω швидкості руху вальця пристрою для очищення, що скомпоновані у числа подібності Ейлера Eu та Фур'є Fo , контактної площі S через конструктивні параметри у вигляді поточної ширини робочої дії та глибини вигину у сегментах стрічки. Переважльний вплив на величину коефіцієнту очищення $k_{оч}$ проявляють: коефіцієнт температуропровідності, час робочого циклу обробки, середній розмір часток сировини. Використовуючи складене рівняння, можливо знайти рекомендований ряд параметрів робочого режиму для процесу очищення сіток в умовах дії вказаних факторів, а також оцінити динаміку зміни вказаних параметрів за умови різних робочих режимів процесу очищення засобів збору прополісу.

Матеріали розділу опубліковано у фаховому виданні (Двикалюк, 2021).

РОЗДІЛ IV

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ

4.1. Порівняння класичної та удосконаленої технологій виробництва прополісу

Збір прополісу на пасічних господарствах в Україні здійснюється двома способами. Перший передбачає очищення елементів вулика пасічницькою стамескою або ножем, з подальшим формуванням крихт зібраного прополісу у грудки, циліндри. Другий – за допомогою пластикових решіток та сіток, які розміщуються над бджолиним гніздом. Також може бути застосований комбінований підхід, що в результаті призводить до збільшення обсягу отриманого прополісу. У класичному способі збору прополісу є ряд недоліків, які впливають на якість зібраного продукту, а також на економічну ефективність. Серед основних недоліків утримання бджіл у вуликах, виготовлених з м'яких порід деревини, які приводять до потрапляння скалок у прополіс під час очищення елементів гнізда стамесками і ножами є ручна праця, відсутність автоматизації, зниження якості продукту через замочування та заморожування сировини (рис. 4.1).

Переважно пасічники в Україні під час обслуговування бджолиних сімей не використовують захисні рукавиці. Збір прополісу без захисних рукавиць призводить до контакту з людською шкірою і, як наслідок, порушення норм санітарії та гігієни. Використання сіток та решіток під час збору прополісу покращує його якість та зменшує контамінацію частинками деревини та залишками екзоскелету бджіл. Проте використання сіток та решіток під час збору прополісу на промислових пасіках вимагає наявності обладнання для їх очищення. Очищення сіток і решіток, покритих прополісом, здійснюється вручну після їх охолодження.



Рис. 4.1. Принципова схема класичної технології отримання прополісу

Примітка. КТ1-КТ-9 критичні точки контролю технологічного етапу виробництва

За цього прополіс під час його осипання з сіток розсипається по поверхні, що потребує використання спеціальних столів або ящиків.

Збір прополісу за класичною технологією потребує контролю критичних точок наведених на рис. 4.1. Наступні критичні точки контролю слід враховувати в процесі збору прополісу:

КТ1 – відсутність належної рослинної бази для збору прополісу може сприяти принесенню у гніздо медоносними бджолами замінників (фарби, бітум, садові замазки);

КТ2 – неналежний стан вуликів, присутність лаку, фарби у внутрішній частині створює додаткові джерела контамінації прополісу під час його збору;

КТ3 – пасічніцькі стамески, ножі, що використовуються для очищення елементів вулика у неналежному стані або гострі спричиняють контамінацію прополісу частинками іржі, скалками дерева підчас очищення;

КТ4 – надмірні огляди бджолиних сімей зумовлюють необхідність залучення бджіл для повторного прополісування отворів між рамками та стінками вулика і стелинами, полотниною чи плівку, що безумовно впливає на кількість прополісу;

КТ5 – очищення частин вулика пасічніцькою стамескою або ножом контамінує прополіс частинами воску наявними на планках рамок і стінках вулика, а також частинками фарби та деревини;

КТ6 – зібраний прополіс формується руками у форми куль або циліндрів, що суперечить вимогам санітарії і гігієни та належній практиці бджільництва;

КТ7 – транспортування зібраного та сформованого прополісу з пасіки у приміщення для зберігання відбувається без упаковки, що несе в собі ризик контамінації пилом та брудом;

КТ8 – використання поліетилену низької щільності та зберігання у незатемненому місці впливає на якість прополісу;

КТ9 – реалізація прополісу серцю на стихійних ринках та переробка у екстракти в домашніх умовах несе ризики для споживачів (алергія, передозування, неналежне застосування).

Отже, сьогодні збір прополісу є затратним у часі та малоефективним, з урахуванням відсутності спеціального обладнання для його збору. Внаслідок застосування класичного процесу отримання прополісу сировина малозатребувана на ринку та відповідно малопоширена у харчових технологіях. Вирішення питання ефективності та продуктивності технології прополісу дає можливість розширити канали збуту продукту та буде сприяти загальному зростанню економіки України.

Пропонована нами удосконалена технологія виробництва прополісу, ґрунтовно відрзняється від класичних підходів. Основною відмінністю

є виключення ручної праці, заморожування та замочування сировини, що значно поліпшує якість отриманого продукту (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Принципова схема удосконаленої технології виробництва прополісу

Примітка. КТ1-КТ-10 критичні точки контролю технологічного етапу виробництва

Виробництво прополісу за запропонованою технологією потребує контролю критичних точок, а саме:

КТ1 – відсутність належної рослинної бази для збору прополісу може сприяти принесенню у гніздо медоносними бджолами замінників (фарби, бітум, садові замазки);

КТ2 – неналежний стан вуликів, присутність лаку, фарби у внутрішній частині створює додаткові джерела контамінації прополісу під час його збору;

КТ3 – пасічницькі стамески, ножі, що використовуються для очищення елементів вулика у неналежному стані або гострі спричиняють контамінацію прополісу частинками іржі, скалками дерева під час очищення;

КТ4 – розміщення спеціальних сіток поверх неочищених від наявного воску верхніх брусків рамок спричиняє додатковий вміст воску в зібраному прополісі;

КТ5 – сітки слід відбирати у рукавицях та скручувати у рулони, щоб уникнути випадкової контамінації прополісу у них пилом та брудом;

КТ6 – сітки слід охолоджувати у розгорнутому з рулонах стані та у холодильних камерах, що не використовують технологію No Frost для того, щоб зменшити втрату летких речовин;

КТ7 – пристрій не контамінує прополіс, дотримання санітарно-гігієнічних норм персоналом;

КТ8 – отриманий прополіс слід збирати із лотка пристрою у щільні поліетиленові (картонні) пакети, що мають застібку (zip-lock) для перешкоджання втрат летких сполук у закритій від прямих сонячних променів тарі;

КТ9 – сітки та пристрій слід захистити від осідання пилу з повітря в упаковці та чохлі, а вали по завершенню очищення слід очистити від прополісу аби виключити його потрапляння у наступні партії;

КТ10 – прополіс слід реалізувати переробникам з промисловим виробництвом харчових продуктів та фармацевтичних препаратів з належною системою сертифікації.

Отже, застосування удосконаленої технології збору прополісу у порівнянні з наявною, передбачає такі зміни: приділення уваги до природних джерел прополісу, тобто завдяки новій технології є можливість виокремлення нових типів продукту; покращення якості продукту через зменшення шляхів контамінації та виключення процесу заморожування; використання для збору прополісу виключно матеріали які придатні для контакту з харчовими продуктами, що дає можливість подальшої сертифікації; механізація процесу очищення засобів збору прополісу, що значно підвищує продуктивність та ефективність виробництва.

4.2. Виробничі випробування пристрою та одержання продукту за допомогою нового обладнання

Виробничі випробування проводили на 7 локаціях (бджолиних господарствах). Для дослідження ефективності роботи пристрою та сіток, було запропоновано маніпулювання останніми для збільшення продуктивності.

Спосіб маніпулювання сітками. 70 сіток було розміщено поверх очищених брусків рамок розплідної частини гнізда і накрито поліетиленовою плівкою. Гніздо (вулик) далі закривали як прийнято у пасічному господарстві – холстина, дошки. Підчас огляду (не раніше ніж через 10 днів), спочатку обережно відірвали плівку від сітки, потім саму сітку. Всі дослідні сім'ї оглядали в один день. Після покриття прополісом сітки над вуличками гнізда, здійснювали зміщення усіх сіток на один стільник у сторону. Отже, у бджіл з'являвся новий простір для прополісування. Після завершення прополісування, одночасно на всіх пасічних господарствах було завершено дослід.

У ході випробування було з'ясовано доцільність розміщення сіток для збору прополісу над розплідною частиною навпроти льотка. Таке рішення було пов'язане із попередженням контамінації отриманого прополісу воском, який бджоли можуть переносити в межах гнізда. Додаткові наші рекомендації щодо розміщення сіток полягали у такому: обов'язкове очищення верхніх брусків рамок старого прополісу і воску перед розміщенням; огляд бджолиних сімей, який передбачав зривання сіток, проводити не частіше ніж через 10 днів (за потреби).

Виробничі випробування пристрою для збору прополісу. Отримані сітки очищували групами по 10 сіток з кожного господарства. Пристрій розмістили на поверхні стола. Для вимірювання температури в приміщенні та у холодильній камері дві термометри розмістили у зоні розташування пристрою, а дві термометри в середині холодильної камери у зоні розміщення сітки. Температурні показники термометра ТМ Нті записували у журнал.

Кожну сітку охолоджували протягом 60 хв з постійним контролем температури. Перед вийманням сіток із холодильної камери вмикали пристрій та розпочинали фіксацію часу на очищення сітки. Сітку вставляли у пристрій для очищення. Після очищення сітки пристрій вимикали та зупиняли фіксацію часу потраченого на очищення сітки. Процес очищення повторювали для кожної сітки. Після очищення сітки отримані зразки прополісу зважували тричі, а отримані результати записували у журнал. Сітки до очищення та після очищення зважували для визначення кількості отриманого прополісу. Отриманий прополіс упаковували у поліетиленові пакети для зберігання та подальшого дослідження.

Результати вимірювання температури під час охолодження сіток перед очищенням наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Температурний режим очищення сіток з прополісом ($M \pm m$), $n=20$

№	Регіональне походження	Зовнішня, °С	Внутрішня, °С
1	Черкаська область	20,69	5,15
2	Полтавська область ¹	20,36	4,84
3	Тернопільська область ¹	20,07	3,98
4	Хмельницька область	19,60	5,83
5	Житомирська область	18,84	6,06
6	Тернопільська область ²	19,65	4,54
7	Полтавська область ²	19,56	6,33

Примітка. 1 – Полтавська МТГ, Полтавський район, Полтавська область; Тернопільський район, Тернопільська область; 2 – Щербанівська СТГ, Полтавський район, Полтавська область; Підгаєцький район, Тернопільська область

За отриманими результатами, визначили, що пристрій ефективно може бути використаний без необхідності охолоджувати сітки за низьких температур на виробництві в природно-кліматичних умовах України.

Використання пристрою за визначеного температурного режиму $19,82 \pm 1,92^\circ \text{C}$ створює комфортні умови роботи оператора. Крім цього підвищується економічний ефект через зниження затрат на підтримання мікроклімату приміщень з низькими температурами. На нашу думку, відсутність

необхідності охолодження сіток до низьких температур сприятиме пролонгації їх експлуатації.

Визначення та вимірювання параметрів продуктивності пристрою. Було визначено такі параметри продуктивності пристрою: кількість циклів необхідних для очищення сітки, час витрачений на очищення однієї сітки, час проходження однієї сітки через пристрій, масу прополісу, що налипає на вали, навантаження пристрою під час очищення; масу отриманого прополісу.

Встановили кількість циклів необхідних для очищення сітки. Так, для очищення сіток незалежно від регіону використання сіток за встановлених температур достатньо одного циклу. Після очищення сіток можлива їх подальша експлуатація. Визначили середній час витрачений на очищення однієї сітки (табл. 4.2).

Таблиця 4.2.

**Порівняння часу витраченого на очищення сітки у розрізі регіонів
та проходження сітки через вали**

№ н/п	Регіональне походження	Час очищення, с	Збільшення часу, %, у порівнянні з порожньою сіткою
1	Черкаська область	36,99	48
2	Полтавська область ¹	47,74	66
3	Тернопільська область ¹	50,25	70
4	Хмельницька область	51,11	71
5	Житомирська область	53,08	74
6	Тернопільська область ²	50,98	71
7	Полтавська область ²	49,46	68

Примітка. 1 – Полтавська МТГ, Полтавський район, Полтавська область; Тернопільський район, Тернопільська область; 2 – Щербанівська СТГ, Полтавський район, Полтавська область; Підгаєцький район, Тернопільська область

За результатами вимірювання роботи пристрою встановили, що компактне його розміщення та холодильної камери впливає на скорочення витрат часу на очищення однієї сітки. Швидкість обертання валів пристрою впливає на час проходження сітки через пристрій і загалом на час очищення сіток.

Встановлено, що за 8,38 с через пристрій проходить 39 см сітки, а оберти валів у середньому складають 0,808 об/с. Отже, за 1 с ($48,51/60 \text{ об./с} \approx 0,8085 \text{ об./с}$) вали обертаються 0,8085 раз та проходять $39 \text{ см}/8,38 \text{ с} = 4,659 \text{ см/с}$. За весь витрачений час на проходження сітки вали обертаються 6,77 раз ($(39 \text{ см}/4,659 \text{ см/об.}) * (1/0,8085 \text{ об/с}) \approx 6,77$). За умови збільшення швидкості обертання валів, наприклад на 5 % від заданих ($0,808 \text{ об/с} * 1,05 \approx 0,848 \text{ об/с}$), вали за 1 хв обертатимуться 50,88 раз. Отже, кількість очищених сіток за 1 хв збільшиться від 7,15 шт./хв до 7,51 шт./хв.

Наявність прополісу у сітках створює додаткове навантаження на пристрій і знижує кількість обертів валів та збільшує час очищення сітки. Час витрачений на очищення однієї сітки складається з часу проходження сітки через пристрій – 8,38 ($n=4$) с та часу, який витрачений оператором на включення пристрою, діставання сітки з холодильної камери, розміщення сітки у направляючій частині пристрою і залежить від його оперативності. Різниця в часі затраченому на очищення сітки та часі проходження сітки через вали у середньому складає 17,27 %. Збільшення часу на очищення сіток подано у таблиці 4.2.

Встановили кількість отриманого прополісу новим методом в умовах господарств різних регіонів (табл. 4.3). Найменше прополісу було отримано 118,23 г на господарстві розміщеному у Підгаєцькому районі, Тернопільської області, а найбільше 180,74 г на господарстві розміщеному у Щербанівській СТГ, Полтавського району, Полтавської області. Отже, різниця складає 65,41 %. Середнє значення отриманого прополісу з 10 бджолиних сімей по Україні за 70 днів складає 151,21 г.

Високі рівні варіації вказують на мінливість ознаки прополісопродуктивності у межах однакових природно-кліматичних та господарських ознак.

Нами було розроблено інструкції з отримання прополісу на пасічницьких господарствах підчас цього дослідження. Щоб зменшити перенесення воску медоносними бджолами із елементів гнізда у сітки пасічникам слід очищувати верхні бруски рамок перед розміщенням сіток.

Маса прополісу отриманого за 70 днів

Номер сітки	Маса отриманого прополісу у розрізі дослідних груп, г						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Є
1	23,07	28,41	20,18	10,8	16,13	13,9	23,45
2	2,46	11,54	2,78	11,72	21,13	7,53	19,3
3	11,01	21,03	8,03	24,33	18,5	18,37	9,47
4	1,33	22,26	13,66	21,34	16,74	13,69	22,53
5	11,43	14,39	21,59	15,93	14,1	3,75	17,24
6	13,92	5,78	15,86	10,66	19,91	10,54	23,34
7	13,64	6,58	9,78	10,16	23,26	14,77	22,56
8	12,25	19,59	11,13	10,13	9,77	22,86	15,48
9	15,08	12,43	35,35	3,99	17,67	5,36	10,7
10	22,99	25,22	19,08	19,05	12,3	7,46	16,67
Всього по групі, г	127,18	167,23	157,44	138,11	169,51	118,23	180,74
X±Δ	12,72 ±2,26	16,72 ±2,45	15,74 ±2,86	13,81 ±1,96	16,95 ±1,30	11,82 ±1,91	18,07 ±1,62
Cv, %	56,23	46,30	57,52	44,89	24,16	51,00	28,33
Max	23,07	28,41	35,35	24,33	23,26	22,86	23,45
Min	1,33	5,78	2,78	3,99	9,77	3,75	9,47

Примітка. А – Черкаська область; Б – Полтавська область¹; В – Тернопільська область¹; Г – Хмельницька область; Д – Житомирська область; Е – Тернопільська область²; Є – Полтавська область²; X – середнє значення; Δ – похибка вимірювання; Cv, % – коефіцієнт варіації; Max, Min – максимальне і мінімальне значення у групі

Оскільки ми використовували сітки розміром 20×39 см, що не закривають усе гніздо то відповідно для виключення потрапляння бджіл із зворотної сторони сітки було запропоновано накривати сітки поліетиленовою плівкою розміром із сіткою (Dvykaliuk and Adamchuk, 2021). Крім цього плівка слугує пакувальним матеріалом підчас збору способом формування рулонів. Такий підхід мінімізує контамінацію сіток з прополісом підчас його збору та транспортування з точки у господарські приміщення. Візуальна оцінка сіток і форм утворень прополісу в їхніх отворах дозволяє стверджувати про потребу не щільного її прилягання до плівки у процесі використання. В іншому випадку утворення прополісу в отворах сітки формуються бджолами неповноцінно, що впливає на загальну масу отриманого продукту (рис. 4.3).

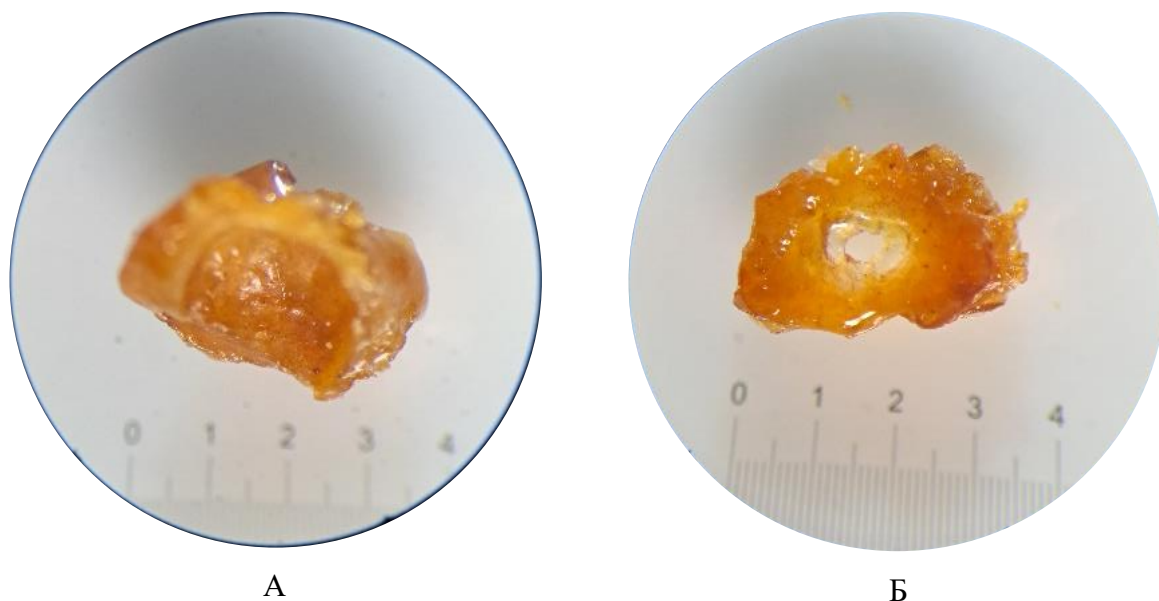


Рис. 4.3. Сформовані медоносними бджолами утворення з прополісу в отворах сітки

Примітка. А – повноцінно сформоване утворення прополісу в сітці; Б – не повноцінно сформоване (має отвір) утворення прополісу в сітці

Показники якості прополісу під час накопичення у сітці, зокрема повноцінність утворення грудочки, потребують подальшого дослідження. Також було б доцільно встановити відмінності та технологічні властивості типу грудочок залежно від рослинної сировини. Такі показники, як в'язкість, крихкість, вміст флавоноїдів, антиоксидантна активність різних типів прополісу може слугувати для їх подальшої класифікації та стандартизації для харчової промисловості.

Визначення ефективності роботи пристрою. За результатами проведених досліджень встановили, що пристрій придатний для очищення сіток з прополісом з різних географічних частин України. Пристрій не потребує додаткової підготовки до використання. Обслуговування пристрою пов'язане з очищенням валів після використання за необхідності. Періодичні очищення валів пристрою від прополісу залежить від типу прополісу і умов зовнішніх температур (табл. 4.4).

Залишки прополісу на валах не залежать від кількості отриманого прополісу. На об'єм прополісу, що залишається на валах, впливає тип прополісу на його фізико-хімічні характеристики (робота адгезії).

Таблиця 4.4.

Маса залишків прополісу на валах пристрою у порівнянні з кількістю отриманого прополісу з господарства

№	Регіональне походження	Маса прополісу	
		очищеного з валів пристрою, г	отриманого з господарства, г
1	Черкаська область	12,40	127,18
2	Полтавська область ¹	3,46	167,23
3	Тернопільська область ¹	12,73	157,44
4	Хмельницька область	5,89	138,11
5	Житомирська область	6,41	169,51
6	Тернопільська область ²	3,79	118,23
7	Полтавська область ²	9,72	180,74

Примітка. 1 – Полтавська МТГ, Полтавський район, Полтавська область; Тернопільський район, Тернопільська область; 2 – Щербанівська СТГ, Полтавський район, Полтавська область; Підгаєцький район, Тернопільська область.

У проведеному нами дослідженні, очищення валів від прополісу було зумовлене необхідністю запобігання потрапляння прополісу з одного регіону у зразки іншого. Також очищення валів підчас досліду було необхідне для визначення кількості прополісу, який залишається на валах з різних регіонів. Відповідно періодичність очищення валів у виробничих умовах визначається оператором у процесі експлуатації.

Продуктивність отримання прополісу розділяємо на дві основні складові: продуктивність отримання прополісу від бджолиних сімей та продуктивність очищення засобів збору прополісу. Враховуючи ефективність збору прополісу бджолиними сім'ями, котрі були залучені до досліду, ґрунтувався розрахунок продуктивності пристрою. Якщо за 70 днів (з таблиці 4.4.) з 1 сітки з Черкаської області в середньому отримали 12,72 г прополісу, то за один день – 0,18 г (формула 4.1):

$$m_d = m_1/t, \quad (4.1)$$

де m_1 – маса прополісу отриманого за час d з 1 сітки;

t – кількість днів протягом якого тривав дослід;

m_d – маса прополісу за 1 день з однієї сітки.

Оскільки на 10 рамковому вулику, враховуючи ширину сітки у 20 см, можливо використовувати 2 сітки одночасно то відповідно (4.2):

$$m_{d2} = m_d \times 2, \quad (4.2)$$

де m_{d2} – маса прополісу отриманого з 2 сітки за 1 добу за використання двох сіток одночасно;

m_d – маса прополісу за 1 день з однієї сітки.

Масу прополісу отриманого з 100 бджолиних сімей за сезон тривалістю 86 календарних днів, розраховували за формулою 4.3.

$$m_R = (m_{d2} * T) * n / 1000, \quad (4.3)$$

де m_R – маса прополісу зібраного за сезон R з бджолиних сімей у кількості n ;

m_{d2} – маса прополісу отриманого з 2 сіток за 1 добу за використання двох сіток одночасно;

T – кількість днів протягом яких триває сезон збору прополісу (у нашому розрахунку взято 86 днів);

n – кількість бджолиних сімей котрі задіяні у зборі прополісу (у нашому випадку 100).

Отже, у результаті обрахунків встановили:

$$m_R = (0,36 * 86) * 100 / 1000 = 3,12 \text{ кг (для Черкаської області).}$$

Відповідні розрахунки провели для господарств усіх регіонів (табл. 4.5).

**Розрахунок потенційної можливості отримання прополісу
на пасічницькому господарстві**

Маса прополісу	Регіональне розміщення дослідних груп						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Є
З 1 сітки/добу, г	0,18	0,24	0,22	0,20	0,24	0,17	0,26
За 1 день з 1 вулика, г (дві сітки)	0,36	0,48	0,45	0,39	0,48	0,34	0,52
Сезон (86 днів)	31,25	41,09	38,69	33,94	41,65	29,05	44,41
У розрахунку на 100 бджолиних сімей за 1 сезон, кг (дві сітки)	3,12	4,11	3,87	3,39	4,17	2,91	4,44
$X \pm \Delta$ по Україні	3,72 \pm 0,22						
C_v , % по Україні	15,62						

Примітка. А – Черкаська область, Б – Полтавська область¹, В – Тернопільська область¹, Г – Хмельницька область, Д – Житомирська область, Е – Тернопільська область², Є – Полтавська область². X – середнє значення; Δ – похибка вимірювання; C_v , % – коефіцієнт варіації.

Встановили, що у різних регіонах продуктивність збору прополісу запропонованим методом знаходиться у межах від 2,91 до 4,44 кг, що ймовірно зумовлено забезпеченням наявності його ресурсів у природі. У середньому продуктивність збору прополісу запропонованим методом становить 3,72 кг. Коефіцієнт варіації вказує на помірну мінливість ознаки.

Щоб визначити як змінюються швидкість обертання валів підчас очищення та як це впливає на продуктивність пристрою здійснювали заміри обертів валів тахометром. Результати відображені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Зменшення кількості обертання валів пристрою в залежності від ступеня навантаження

№	Регіональне походження	% зниження обертів валів у порівнянні з холостим ходом*	Оберти валів за очищення сіток з прополісом, хв**	% зниження обертів валів у порівнянні з охолодженою сіткою без прополісу*	Маса прополісу з 1 сітки**
1	2	3	4	5	6
1	Черкаська область	34,6	48,51	20,65	12,72
2	Полтавська область ¹	33,93	49,00	15,58	16,72

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6
3	Тернопільська область ¹	37,52	46,44	20,06	15,74
4	Хмельницька область	32,96	49,69	14,45	13,81
5	Житомирська область	36,31	47,21	10,02	16,95
6	Тернопільська область ²	29,45	52,29	20,40	11,82
7	Полтавська область ²	37,43	46,45	20,65	18,07

Примітка. А – Черкаська область, Б – Полтавська область¹, В – Тернопільська область¹, Г – Хмельницька область, Д – Житомирська область, Е – Тернопільська область², Є – Полтавська область²; *n=4; **n=10; n – кількість вимірювань

Вали пристрою без сіток у холостому ході обертаються зі швидкістю 1,235 об/с (n=4), а за умови проходження охолодженої (+5° С, 60 хв) сітки без прополісу 0,975 об/с.

Наявність прополісу у сітці створює навантаження на пристрій у порівнянні з охолодженими сітками за однакових умов і складає різницю у 17,12 %. Водночас маса зібраного прополісу залежить від наявності воску у зразку. Відомо, що віск є легшим, ніж прополіс, тому якщо повністю покрита сітка містить більше прополісу, порівняно з воском, то за однакової площі покриття сітки маса отриманого продукту буде різною. Склад воску сильно змінюється залежно від того, з якої частини бджолиного гнізда він відібраний. Густина воску становить 0,958–0,970 г/см³ за 15° С (Gupta & Anjali, 2023).

На підґрунті вимірювання часу витраченого на очищення однієї сітки, було проведено розрахунок технічної можливості 1-го пристрою (формула 4.4).

$$W=(c/t_a) \times L/100, \quad (4.4)$$

де W – продуктивність пристрою з очищення сіток, м/хв;

t_a – час необхідний для проходження 1 сітки через вали пристрою;

c – 60 секунд;

L – довжина сітки, см.

Отже, продуктивність можна розрахувати:

$$W=(60/8,38) 7,16 \times 39/100=2,59 \text{ м/хв.}$$

Витрати часу на очищення однієї сітки слід розділи на дві складові. Перша – час витрачений на проходження сітки через пристрій, він складає у середньому 8,38 с. Пропускна можливість пристрою складає 2,79 м за 1 хв охолодженої сітки без прополісу. Середній час витрачений на очищення сіток складається з часу витраченого на включення пристрою, переміщення сіток з камери до пристрою. Середнє значення часу складає 48,51 сек. на одну охолоджену сітку з прополісом. Витрати часу на 10 сіток – 8,085 хв, з яких проходження сіток 1,39 хв. Враховуючи, що робочий день відповідно до чинного трудового законодавства складає 8 год, то відповідно ми можемо розрахувати кількість сіток які може очистити один оператор:

8 годинний робочий день – 1 година обідньої перерви = 7 годин.

40 хв – особисті потреби оператора (санітарія, гігієна, фізіологічні потреби людини).

Режим роботи пристрою, виходячи із експериментальних результатів експлуатації та виробничих умов (зовнішня температура, тип прополісу), потребує часу на охолодження 30 хв роботи – 15 хв охолодження в режимі роботи 24° С. Час на очищення валів за необхідності від прополісу 15 хв. Отже, враховуючи запропонований режим роботи один оператор за один робочий день може очистити 301 сітку за умови, що їх розміщення і охолодження розпочалось до початку робочої зміни. У випадку охолодження очищуваних сіток під час поточної зміни, їх кількість становитиме 227.

Враховуючи визначену продуктивність пристрою для очищення 1000 сіток знадобиться 4,4 робочих днів. 1000 сіток можна розмістити на 500 вуликів. Отже, можемо стверджувати високу продуктивність використання пристрою. У випадку необхідності пришвидшення очищення сіток, виходячи із технологій ведення господарства, можливо використання 2 та більше пристроїв одночасно.

Результати дослідження підтверджують високу продуктивність пристрою у порівнянні із ручною працею, що може позитивно вплинути на поширення застосування прополісу у харчових технологіях, як функціонального інгредієнта.

4.3. Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників продукту

Організовано польові дослідження та зібрано зразки прополісу у різних регіонах України (Львівська, Полтавська та Тернопільська області). Збір прополісу здійснено трьома різними засобами (еластична сітка, пластикова решітка для збору прополісу, антимоскітна сітка).

Медоносні бджоли переносять віск та прополіс у межах гнізда з одного місця в інше. Віск, як і прополіс, використовується для заклеювання отворів та щілин окрім, будівництва стільників (Siefert et al., 2021; Olszewski et al., 2022). Відомо, що медоносні бджоли у отвори діаметром від 0,1 до 2,3 мм відкладають прополіс, а в отвори від 3,5 до 10 мм – зазвичай віск. Для належної оцінки впливу розміру отворів у використаних засобах було проведено вимірювання отворів (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Площа отворів засобів збору прополісу, використаних у дослідженні

Засіб збору ($n=10$)	Площа отворів засобів збору прополісу, мм ²
Сітки (TM Stanz Pres), $X \pm \Delta$	4,40 \pm 0,07
Cv , %	5,23
Пластикова решітка для збору прополісу, $X \pm \Delta$	29,72 \pm 1,76
Cv , %	18,73
Антимоскітна сітка (будівельний матеріал), $X \pm \Delta$	1,50 \pm 0,04
Cv , %	9,26

Примітка. Cv – коефіцієнт варіації, %; X – середнє значення; Δ – стандартне відхилення

У подальшому досліджували вміст воску, механічних домішок та біологічну активність за вмістом флавоноїдів. За отриманими результатами найбільший вміст воску у прополісі встановили за використання антимоскітних сіток у Тернопільській області (табл. 4.8).

Серед досліджених зразків прополісу найбільшу частку воску (49,57 %) мав отриманий з використанням антимоскітної сітки з Тернопільської обл.,

що відповідно на 3,24 % і 0,6 % більше, ніж зразки одержані з сіток Stanz Pres та пластикових решіток.

Таблиця 4.8

Узагальнені результати дослідження зразків прополісу, зібраних з використанням різних засобів

Спосіб збору ($n=3$)	Показник	Масова частка воску, %	Масова частка механічних домішок, %
Сітки (TM Stanz Pres)	Cv , %	34,86	28,99
	$X \pm \Delta$	46,33 \pm 5,11	25,60 \pm 2,35
Пластикова решітка для збору прополісу	Cv , %	12,40	8,01
	$X \pm \Delta$	48,97 \pm 1,92	39,83 \pm 1,01
Антимоскітна сітка (будівельний матеріал)	Cv , %	19,66	18,11
	$X \pm \Delta$	49,57 \pm 3,08	31,10 \pm 1,78
Антимоскітна сітка (будівельний матеріал)	Cv , %	35,19	20,59
	$X \pm \Delta$	45,63 \pm 5,08	32,87 \pm 2,14

Примітка. Cv – коефіцієнт варіації, %; X – середнє значення; Δ – стандартне відхилення

Найбільший вміст механічних домішок встановили у прополісі, зібраному з використанням пластикових решіток у Львівській області (39,83 %). Масова частка механічних домішок у зразках прополісу, зібраного з використанням пластикових решіток, на 14,23 % більша, порівняно із зразками з сіток Stanz Pres та на 6,96 і 8,73 % – з антимоскітних сіток.

Механічні домішки є складником прополісу, що з однієї сторони підтверджує його автентичність, а з іншого – впливають на відповідність продукту вимогам нормативних документів з якості і допустимості подальшого використання у харчовій промисловості. Мікроскопічне дослідження механічних домішок, що містяться на фільтрувальному папері, підтверджує наявність у зразках прополісу залишків рослин, пилку та інших неінтенсифікованих об'єктів (рис. 4.4).

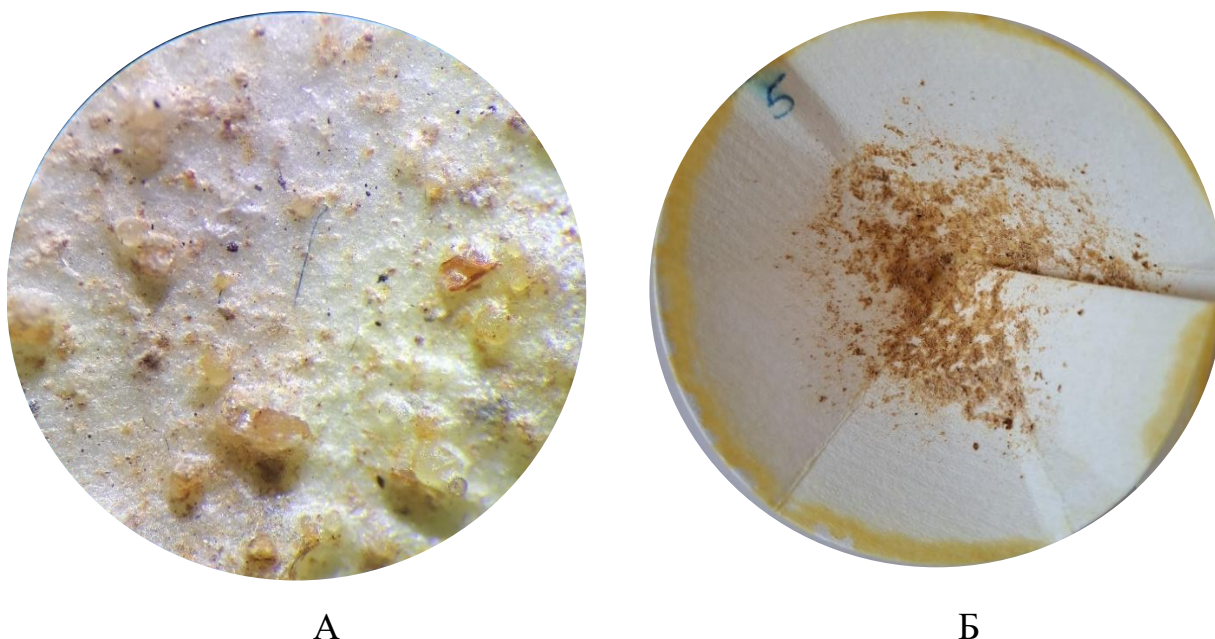


Рис. 4.4. Зображення механічних домішок, отриманих у результаті дослідження зразків прополісу

Примітка. А – зображення механічних домішок та залишків рослин під мікроскопом; Б – зображення фільтрувального паперу із механічними домішками прополісу

Зазначені механічні домішки підтверджують автентичність прополісу. Водночас не ідентифіковані об'єкти механічних домішок прополісу потребують подальших досліджень. Ідентифікація об'єктів за джерелами походження у подальшому дасть можливість розробити шляхи їх мінімізації у технології отримання прополісу як сировини.

Сьогодні не відомо, які саме рослинні джерела прополісу, що входять до отриманих зразків у помірному кліматичному поясі спричиняють збільшення вмісту механічних домішок природнього походження.

Біологічна цінність прополісу, як сировини та компоненту продуктів харчування, насамперед полягає у наявності та кількості флавоноїдних сполук (табл. 4.9).

**Масова частка флавоноїдних сполук у зразках прополісу, зібраних
з використанням різних засобів**

Спосіб збору ($n=3$)	Показник	Масова частка флавоноїдних сполук, %
Сітки (TM Stanz Pres)	C_v , %	23,91
	$X \pm \Delta$	$31,66 \pm 2,39$
Пластикова решітка для збору прополісу	C_v , %	41,12
	$X \pm \Delta$	$27,31 \pm 3,55$
Антимоскітна сітка (будівельний матеріал)	C_v , %	10,68
	$X \pm \Delta$	$64,39 \pm 2,18$
Антимоскітна сітка (будівельний матеріал)	C_v , %	24,88
	$X \pm \Delta$	$33,89 \pm 2,67$

Примітка: C_v – коефіцієнт варіації, %; X – середнє значення; Δ – стандартне відхилення

Найбільший вміст флавоноїдних сполук (64,39 %) встановили у прополісі, зібраному з антимоскітних сіток у Тернопільській області, що на 32,73 % більше, ніж у зразках, зібраних у Львівській області (сітки TM Stanz Pres) та на 37,08 % більше, порівняно із зразками, зібраними у Львівській області (пластикова решітка). Водночас використання антимоскітних сіток не є можливим для отримання сировини для харчової промисловості. Отримані результати можна використовувати для подальшого планування використання Тернопільської області для отримання сировини з високим вмістом флавоноїдів.

4.4. Техніко-економічне обґрунтування нової технології та обладнання

Обґрунтування точки безбитковості. Вартість виготовлення пристрою залежить від витрат на комплектуючі, матеріали, доставку, оплату праці, комунальні послуги, податки та збори.

Для розрахунку економічної ефективності врахували вартість пристрою, яка склала 11 446 грн. Вартість сіток у кількості 1000 шт. складає 71 790 грн. Середня продуктивність отримання прополісу в Україні у цьому досліді в перерахунку на 1000 сіток складає 18,6 кг. Ринкова вартість прополісу в Україні станом на березень 2023 р. складає 1400 грн/кг. Враховуючи середню вартість

прополісу (1400 грн) та кількість отриманого прополісу 18,6 кг з 1000 сіток, отримуємо 26 040 грн. Вартість пристрою та сіток (11 446+71 790 грн) складає 83 236 грн. Вартість поліетиленової плівки складає 45 грн за 1 м/п. Для покриття 1000 сіток необхідно 52,63 м/п, що складає 2 368,42 грн. Отже, господарство може повернути інвестицію у збір прополісу після завершення трьох пасічницьких сезонів.

Обґрунтування енергоощадності процесу. Важливим економічним показником є споживання електроенергії виробничим обладнанням. Пристрій під час роботи споживає у середньому 121,75 Вт (n=4) без навантаження, під час проходження неохолодженої сітки 160,5 Вт (n=4), а під час охолодженої сітки протягом 60 хв – 169,75 Вт (n=4). Отже, пристрій у активному режимі очищення протягом однієї зміни споживає 0,679 кВт/год, з урахуванням режиму роботи визначеного нами у цьому дослідженні. Затрати на електроенергію за вартості 1,44 грн (вартість для побутових споживачів, які на місяць споживають менше 250 кВт/год станом на 1 травня 2023 року) за 1 кВт складатимуть 0,98 грн за 1 зміну.

Рекомендації. У результаті проведених випробувань, нами сформовано рекомендації по використанню удосконаленої технології отримання прополісу. Використання пристрою забезпечить механізацію процесу очищення сіток, що знижує собівартість продукту. Пристрій слід зберігати у чохлах аби запобігти осіданню пилу на вали пристрою з часом. Пристрій слід розміщувати в доступній близькості до холодильної камери, щоб скоротити час на очищення однієї сітки. Перед охолодженням сіток їх слід розміщувати у камері не скрученими у рулони. Рівні сітки зручно вставляти у пристрій і це зменшує викришування прополісу поза пристроєм із сіток. Необхідність очищення валів пристрою слід візуально періодично перевіряти. Використання сіток EVA та пристрою сприяє можливості очищення сіток та їх повторному використанню у поточному році.

Промислове впровадження. Результати досліджень впроваджено у трьох господарствах. У 2022–2023 роках на базі виробничих потужностей ФГ «Сила природи» (Полтавська обл.) було практично відпрацьовано процес отримання

прополісу та очищення засобів його збору з використанням нового пристрою. Отримані результати показали високу ефективність технологічних процесів та якість отриманого продукту. Доведено, що розроблений пристрій дозволяє додатково отримувати $18,07 \pm 1,62$ г прополісу з бджолої сім'ї у регіоні (Полтавська обл.). Завдяки новому обладнанню, було отримано гранульований прополіс, який не потребує додаткової термічної обробки для подальшого використання. Застосування запропонованої технології значно покращує санітарно-гігієнічні умови виробництва прополісу, дозволяє уникати можливої контамінації мікроорганізмами.

У результаті впровадження нової технології та обладнання у виробництво прополісу на ФГ «Сила природи» відзначено високу економічну доцільність виробництва через автоматизацію та інтенсифікацію процесів накопичення прополісу на засобах збору з їх подальшим очищенням. Це сприяло подальшому використанню запропонованих технічних рішень у ФГ «Сила природи» з метою збільшення обсягів отриманого продукту (додаток Е).

Матеріали наукового дослідження впроваджено у технологію виробництва прополісу на ТОВ «АПППРОДУКТ», що є виробником оздоровчих продуктів харчування із вмістом прополісу, як біологічно цінної сировини. Підприємство працює на ринку України з 1999 року. На підприємстві впроваджено систему управління безпекою харчових продуктів щодо виробництва та оптової торгівлі дієтичними добавками (ДСТУ ISO 22000).

Зокрема, у рецептурах оздоровчих продуктів використовується прополіс одержаний технологією та з використанням розробленого обладнання. Застосування удосконаленої технології прополісу у виробництві підприємства є пріоритетом і основою для ведення належної бджільницької практики та дотримання принципів безпеки харчових продуктів. Впровадження результатів дослідження підтверджує підвищення рентабельності виробництва та можливість отримувати сировину покращеної якості (додаток Е).

У 2023 році було успішно випробувано процес отримання та очищення прополісу за допомогою нового пристрою на ТОВ «КІЇВОБЛБДЖОЛОПРОМ»,

що є виробником продуктів бджільництва та обладнання для галузі. Брак належної технології отримання високоякісного прополісу створював додаткові витрати та погіршував економічну ефективність виробництва на підприємстві.

Запропоноване нове обладнання заплановано інтегрувати у технологію виробництва спеціальних харчових продуктів на основі, або у складі з прополісом на ТОВ «КИЇВОБЛБДЖОЛОПРОМ», що підкреслює практичну цінність результатів. Це сприятиме зростанню економічної ефективності виробництва, зниженню собівартості прополісу та покращенню його якості, розширюватиме перелік напрямів його застосування у технологіях підприємства, зокрема у запатентованій та всесвітньо відомій технології прополісної вощини.

Висновки до розділу 4

Застосування удосконаленої технології збору прополісу у порівнянні з наявною, передбачає такі зміни: приділення уваги до природних джерел прополісу, тобто завдяки новій технології є можливість виокремлення нових типів продукту; покращення якості продукту через зменшення шляхів контамінації та виключення процесу заморожування; використання для збору прополісу виключно матеріали, які придатні для контакту з харчовими продуктами, що дає можливість подальшої сертифікації; механізація процесу очищення засобів збору прополісу, що значно підвищує продуктивність та ефективність виробництва.

Режим роботи пристрою виходячи із результатів виробничих випробувань та експлуатації (зовнішня температура, тип прополісу) потребує часу на охолодження 30 хв роботи – 15 хв охолодження в режимі роботи 24° С. Час на очищення валів (за необхідності) від прополісу 15 хв. Отже, враховуючи запропонований режим роботи один оператор за один робочий день може очистити 301 сітку за умови, що їх розміщення і охолодження розпочалось до початку робочої зміни. У випадку охолодження очищуваних сіток під час поточної зміни, їх кількість становитиме 227. Пристрій у активному режимі

очищення протягом однієї зміни споживає 0,679 кВт/год, з урахуванням режиму роботи визначеного нами, що є економічно ефективним. Рівень очищення засобів для збору прополісу, в залежності від типу та маси прополісу у засобі, складає до 77,18 % за один цикл. Результати дослідження підтверджують високу продуктивність пристрою у порівнянні із ручною працею, що може позитивно вплинути на поширення застосування прополісу у харчових технологіях, як функціонального інгредієнта.

Проведено комплексне дослідження щодо складу, властивостей та якості прополісу, що отриманий з використанням нового обладнання. Доведено, високі біологічно-активні властивості отриманого продукту, на що вказує вміст флавоноїдів у межах від $14,47 \pm 1$ до $88,64 \pm 1$ %.

Ринкова вартість прополісу в Україні станом на березень 2023 р. складає 1400 грн/кг. Враховуючи середню вартість прополісу (1400 грн) та кількість отриманого прополісу 18,6 кг з 1000 сіток, отримуємо 26 040 грн. Вартість пристрою та сіток ($11\,446 + 71\,790$ грн) складає 83 236 грн. Вартість поліетиленової плівки складає 45 грн за 1 м/п. Для покриття 1000 сіток необхідно 52,63 м/п, що складає 2 368,42 грн. Отже, господарство може повернути інвестицію у збір прополісу після завершення трьох пасічних сезонів.

Матеріали розділу опубліковано у фаховому виданні (Двикалюк, 2022, 2023).

ВИСНОВКИ

На підґрунті удосконалення процесу очищення засобів збору прополісу, науково обґрунтовано та розроблено нове обладнання для його отримання, що сприятиме збільшенню обсягів його виробництва та використання, як сировини у харчовій промисловості.

Досліджено передумови розроблення технічного забезпечення виробництва прополісу засобами аналізу та систематизації науково-технічної інформації щодо технології, процесів, обладнання та взаємозв'язків між обсягами збору сировини, її природними джерелами та біологічними особливостями медоносних бджіл. Здійснено теоретико-аналітичне дослідження можливості використання прополісу, як компонента харчових продуктів, з урахуванням міжнародних стандартів безпеки та якості.

Розроблено нове обладнання для очищення засобів збору прополісу на основі дослідження біологічних інстинктів бджіл. Експериментально доведено низьку прополісопродуктивність колекторів у кліматичних умовах України. В основу удосконаленої технології виробництва прополісу покладено використання еластичних засобів збору (сіток EVA), вироблених з матеріалу який допущено до контакту із харчовими продуктами. Продуктивність удосконаленої технології знаходиться у межах від 2,91 до 4,44 кг (у розрахунку на 100 бджолиних сімей).

З метою інтенсифікації процесу очищення засобів збору прополісу під час його виробництва, удосконалено конструктивні параметри обладнання, а саме: покращено енергоощадність, продуктивність (через збільшення кількості, зміну конструкції, функціонал валів), збільшено строки корисного використання пристрою (додано захисну камеру), безпеку експлуатації (додано направляючу-запобіжник). Нове обладнання може бути використане для очищення 227 сіток (20×39 см)/робочий день.

Науково-технічно обґрунтовано процес очищення засобів збору прополісу на підґрунті оптимізації режимних та конструктивних параметрів обладнання.

Запропоновано новий процесний підхід у технології виробництва прополісу. Механізація процесу очищення засобів збору дозволяє підвищити ефективність виробництва та ґрунтується на подоланні адгезії прополісу.

Доведено, що на процес очищення засобів збору прополісу статистично значущо ($p \leq 0.05$) впливає маса сіток до та після очищення прополісу, час витрачений на очищення сіток, масова частка воску у прополісі. Охолодження сіток за $+5^\circ \text{C}$ протягом 60 хв є оптимальним режимом для очищення сіток.

Засобами фізико-математичного моделювання складено критеріальне рівняння процесу очищення засобів збору (сіток EVA), яке демонструє залежність між основними факторами впливу, а саме, густини продукту, температуропровідності, часу робочого циклу обробки, середнього розміру часток сировини, лінійної та кутової швидкості руху валів пристрою для очищення, що скомпоновані у числа подібності Ейлера та Фур'є. Встановлено вплив температуропровідності, часу робочого циклу обробки, середнього розміру часток сировини на величину коефіцієнта очищення засобів збору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терехін В. Г., Садовников А. А., Родков В. В. Пристрій для збору прополісу: авторське свідоцтво № 640723, опубліковано 05 січня 1973 року, заявка № 1961649/30-15 від 17 вересня 1973 року.
2. Гречко О. М. Сучасні адитивні технології та 3D-друк. Огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2019. С. 63–75.
3. 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.
4. ДСТУ 4662:2006. Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови. [Чинний від 2007-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 18 с.
5. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги (EN 60204-1:2006; A1:2009; AC:2010, IDT). Зі зміною. [Чинний від 2015-12-21]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 99 с.
6. ДСТУ EN 61310-2:2017. Безпечність машин. Позначення, маркування та приведення в дію. Частина 2. Вимоги до маркування (EN 61310-2_2008, IDT; IEC 61310-2 2007, IDT). [Чинний від 2017-12-12]. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 14 с.
7. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT) [Чинний від 2018-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 64 с.
8. ДСТУ prEN 1672-1-2001. Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки і гігієни. Основні положення. Частина 1. Вимоги щодо безпеки (prEN 1672-1_1994, IDT). З поправкою. [Чинний від 2001-12-28]. Київ: Держспоживстандарт України, 2001. 19 с.
9. ДСТУ IEC 60706-2:2008. Ремонтпридатність устаткування. Частина 2. Вимоги до ремонтпридатності та дослідження на етапі проектування

та конструювання. Чинний від 2010-01-01. URL: https://dnaop.com/html/61159/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_IEC_60706-2_2008.

10. Іванова В. Д. Технологія виробництва продуктів бджільництва: курс лекцій. Миколаїв: МДАУ, 2009.

11. Кобів Ю. Словник українських наукових і народних назв судинних рослин. Київ: Наукова думка, 2004. 800 с.

12. Крупа В. В., Литвин О. В. Застосування асоціативних методів технічної творчості при проектуванні технічних систем. Тернопіль: Вектор, 2016. 28 с.

13. Крупичка П. Условия получения прополиса. Бухарест, 1975. 161 с.

14. Макашвили З. Прополис – природный медикамент. Тбилиси, 1977. 232 с.

15. Поліщук В. П. Збільшення виробництва продуктів бджільництва. Київ, Урожай, 1975. 144 с.

16. Реєстр пасік в Україні. URL: <https://dpss.gov.ua/diyalnist/reyestrividkritidani>

17. Струтинська О. В. Сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання та друкування. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. 2018. Вип. 20. № 2. С. 88–94.

18. Тихонов А., Сало Д. Лечебные свойства прополиса Киев: Здоровья, 1977. 72 с.

19. Харнаж В. Ценный продукт пчеловодства: прополис. Бухарест: Апимондии, 1981. 248 с.

20. Abou-Shaara H. F., Eid K. S. A. 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. 2019. Vol. 10. No. 9. P. 922–927.

21. Abu Fares R., Nazer I. K., Darwish R. M., Abu Zarqa M. Honey bee hive modification for propolis collection. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*. 2008. Vol. 4. No. 2. P. 138–147.
22. Afif M., Pratami D. K., Sahlan M. Scale-up production simulation of biscuit fortified with propolis as immunomodulator. *AIP Conference Proceedings* 2021. Vol. 2344. No. 1. Article number 060003.
23. Afrouzan H., Tahghighi A., Zakeri S., Es-haghi A. Chemical composition and antimicrobial activities of Iranian propolis. *Iranian biomedical journal*. 2018. Vol. 22. No. 1. P. 50.
24. Al Naggar Y., Sun J., Robertson A., Giesy J. P., Wiseman S. Chemical characterization and antioxidant properties of Canadian propolis. *Journal of Apicultural Research*. 2016. Vol. 55. No. 4. P. 305–314.
25. 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.
26. Alday E., Valencia D., Garibay-Escobar A., Domínguez-Esquivel Z., Piccinelli A. L., Rastrelli L., Velazquez C. Plant origin authentication of Sonoran Desert propolis: An antiproliferative propolis from a semi-arid region. *The Science of Nature*. 2019. Vol. 106. No. 5. P. 1–13.
27. Aldemir O., Yildirim H. K., Sözmen E. Y. Antioxidant and anti-inflammatory effects of biotechnologically transformed propolis. *Journal of food processing and preservation*. 2018. Vol. 42. Iss. 6. Article number e13642.
28. Ali A. M., Kunugi H. Propolis, bee honey, and their components protect against coronavirus disease 2019 (COVID-19): A review of in silico, in vitro, and clinical studies. *Molecules*. 2021. Vol. 26. Iss. 5. Article number 1232.
29. Aliboni A. Propolis from Northern California and Oregon: chemical composition, botanical origin, and content of allergens. *Zeitschrift für Naturforschung*. 2014. Vol. 69. No. 1–2. P. 10–20.

30. Almutairi S., Edrada-Ebel R., Fearnley J., Igoli J. O., Alotaibi W., Clements C. J., Watson D. G. Isolation of diterpenes and flavonoids from a new type of propolis from Saudi Arabia. *Phytochemistry letters*. 2014. No. 10. P. 160–163.

31. Alqarni A. S., Rushdi A. I., Owayss A. A., Raweh H. S., El-Mubarak A. H., Simoneit B. R. Organic Tracers from Asphalt in Propolis Produced by Urban Honey Bees, *Apis mellifera* Linn. *PloS one*. 2015. Vol. 10. No. 6. Article number e0128311.

32. Alsayed M. F. S., Hashem A., Al-Hazzani A. A., Abd Allah E. F. Biological control of yeast contamination of industrial foods by propolis. *Saudi journal of biological sciences*. 2020. Vol. 27. No. 3. P. 935–946.

33. Anđelković B., Vujisić L., Vučković I., Tešević V., Vajs V., Gođevac D. Metabolomics study of *Populus* type propolis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*. 2017. Vol. 135. P.217–226.

34. Ang E. Y., Ng P. S., Soh C. B., Wang P. C. Multi-stage thermoelectric coolers for cooling wearables. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2022. Vol. 36. Article number 101511.

35. Araujo J. M. E., Mendonça-Melo L. S., Araujo E. D., Fernandes R. P. M., Scher R. Phenolic Composition and Leishmanicidal Activity of Red Propolis and *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub (Fabaceae) Extracts from Sergipe, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2018. Vol. 61.

36. Ardjoum N., Chibani N., Shankar S., Salmieri S., Djidjelli H., Lacroix M. Incorporation of *Thymus vulgaris* essential oil and ethanolic extract of propolis improved the antibacterial, barrier and mechanical properties of corn starch-based films. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. Vol. 224. P. 578–583.

37. Areff A. A. M., Sidique S. N. M., Lani M. N., Ahmad F. T. Effect of different concentrations of propolis extract coating on postharvest quality of banana artificially inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides*. *Malaysian Applied Biology*. 2022. Vol. 51. Iss. 1. P. 149–156.

38. Arruda C., Ribeiro V. P., Almeida M. O., Mejía J. A. A., Casoti R., Bastos J. K. Effect of light, oxygen and temperature on the stability of artemisinin C and

p-coumaric acid from Brazilian green propolis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*. 2020. Vol. 178. Article number 112922.

39. Artículo 1308 bis CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO [Стаття 1308-бис ХАРЧОВИЙ КОДЕКС АРГЕНТИНИ]. Propóleos y de la inclusión de las especificaciones técnicas. Expediente N° 1-2002-7014-96-3. Bs. As., 05.05.2008.

40. Ashouri M., Rahmati P., Hakkaki-Fard A. On the effect of corrugated conical frustum on pool boiling heat transfer. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2022. Vol. 130. Article number 110494.

41. 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.

42. Bankova V., Popova M., Trusheva B. Plant sources of propolis: an update from a chemist's point of view. *Natural Product Communications*. 2006. Vol. 11. No. 1.

43. Bankova V., Popova M., Trusheva B. The phytochemistry of the honeybee. *Phytochemistry*. 2018. Vol. 155. P. 1–11.

44. Benhanifia M., M Mohamed W. Phenolics Constituents of Different Types of Propolis and their Antimicrobial Activities. *Anti-Infective Agents*. 2015. Vol. 13. No. 1. P. 17–27.

45. Bertrams J., Muller M. B., Kunz N., Krammerer D. R., Stintzing F. C. Phenolic compounds as marker compounds for botanical origin determination of German propolis samples based on TLC and TLC-MS. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2013. Vol. 86. P. 143–153.

46. Blažková I., Hrouzek J., Szarka A., Pócsová T., Hrouzková S. Analytical methods for pesticide residues determination in propolis and propolis-based products. *Acta Chimica Slovaca*. 2022. Vol. 15. No. 1. P. 103–116.

47. Bogdanov S., Bankova V. The propolis book (Chapter 1). 2011. URL: <https://www.bee-hexagon.net/app/download/11112716873/PropolisBook1.pdf?t=1609255034>.

48. Bordim J., Lise C. C., Marques C., Oldoni T. C., Varela P., Mitterer-Daltoé M. L. Potential use of naturally colored antioxidants in the food industry—A

study of consumers' perception and acceptance. *Journal of Sensory Studies*. 2021. Article number 12657.

49. Breyer H.F. E., Breyer E. D. H., Cella I. Produção e beneficiamento da própolis [Production and processing of propolis]. *Boletim Didático*. 2016. 1, 30. <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/405> [in Portuguese].

50. Burgut A. Effects of propolis extracts on biogenic amine production by food-borne pathogens. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2020. Vol. 26. No. 2.

51. Casagrande A. C., Machado G. C., Brunetto A. L., Galli G. M., Rosa G. D., Araujo D. N., Silva A. S. The addition of green propolis to laying hens had positive effects on egg quality: lower bacteria counts in the shell and lipid peroxidation in the yolk. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2021. Vol. 93. Article number 20210315.

52. Casalone E., Cavalieri D., Daly G., Vitali F., Perito B. Propolis hosts a diverse microbial community. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2020. Vol. 36. No. 3. P. 1–11.

53. 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.

54. Christov R., Trusheva B., Popova M., Bankova V., Bertrand M. Chemical composition of propolis from Canada, its antiradical activity and plant origin. *Natural Product Research*. 2006. Vol. 20. No. 6. P. 531–536.

55. Codex Alimentarius Commission. (2001). Revised Codex Standard for honey, Codex STAN 12–1981.

56. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/632 of 13 April 2021 laying down rules for the application of Regulation (EU) 2017/625 of the European Parliament and of the Council as regards the lists of animals, products of animal origin, germinal products, animal by-products and derived products, composite products, and hay and straw subject to official controls at border control posts, and repealing Commission Implementing Regulation (EU) 2019/2007 and Commission Decision

2007/275/EC. URL: http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2021/632/oj (date of access: 25.03.2022).

57. Commission Regulation (EU) No 142/2011 of 25 February 2011 implementing Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and implementing Council Directive 97/78/EC as regards certain samples and items exempt from veterinary checks at the border under that Directive Text with EEA relevance. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/142/oj> (date of access: 25.03.2022).

58. Conti B. J., Bankova V., & Sforcin J. M. Chemical composition of the same Brazilian propolis sample analyzed in 1997 and in 2012: no freezing effect. *Natural product communications*. 2015. 10(7):1279–80. PMID: 26411030.

59. Conti M. E., Astolfi M. L., Finioia M. G., Massimi L., & Canepari S. Biomonitoring of element contamination in bees and beehive products in the Rome province (Italy). *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. 29(24), 36057–36074.

60. Crane E. *Encyclopaedia of insects* (second edition). Academic Press. Extract. 2009. 71–75.

61. Da Silveira Regueira-Neto M., Tintino S. R., Rolón M., Coronal C., Vega M. C., de Queiroz Balbino V., de Melo Coutinho H. D. Antitrypanosomal, antileishmanial and cytotoxic activities of Brazilian red propolis and plant resin of *Dalbergia ecastaphyllum* (L) Taub. *Food and chemical toxicology*. 2018. 119, 215–221.

62. Dalio J. S. Factors Effecting Propolis Collection Behaviour of *Apis Mellifera* L». *International Journal of Current Innovation Research*. 2018. 4(3), 1092–1094.

63. 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.

64. De Groot A.C, Popova M., Bankova V. An update on the constituents of poplar-type propolis. Wapserveen, The Netherlands: acdegroot publishing. 2014. 11..

65. de Groot A. C. Propolis: a review of properties, applications, chemical composition, contact allergy, and other adverse effects. *Dermatitis*. 2013. 24(6), 263–282.

66. De Oliveira Orsi R., Barros D. C. B., Silva R. D. C. M., de Queiroz J. V., de Paula Araújo W. L., & Shinohara A. J. Toxic metals in the crude propolis and its transfer rate to the ethanolic extract. *Sociobiology*. 2018. 65(4), 640–644.

67. De Pontes M. L. C., Vasconcelos I. R. A., de Melo M. D. F. F., Pessôa H. D. L. F. Chemical characterization and pharmacological action of Brazilian red propolis. *Acta Brasiliensis*. 2018. 2(1), 34–39.

68. DEAS 990:2019. Bee propolis – Specification. ICS 67.180.20 EAST AFRICAN COMMUNITY. 2019. 14.

69. Do Nascimento T. G., do Nascimento N. M., Ribeiro A. S., de Almeida C. P., dos Santos J. I. Z., Basilio-Junior I. D., ... & de Freitas J. D. Preparation and characterization of chitosanates loaded with Brazilian red propolis extract. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2021. 1–12.

70. Drescher N., Klein A. M., Schmitt T., & Leonhardt S. D. A clue on bee glue: New insight into the sources and factors driving resin intake in honeybees (*Apis mellifera*). *PloS one*. 2019. 14(2), e0210594.

71. Drescher N., Wallace H. M., Katouli M., Massaro C. F., & Leonhardt S. D. Diversity matters: how bees benefit from different resin sources. *Oecologia*. 2014. 176(4), 943–953.

72. Duangphakdee O., Koeniger N., Deowanish S., Hepburn H. R., & Wongsiri S. Ant repellent resins of honeybees and stingless bees. *Insectes sociaux*. 2009. 56(4), 333–339.

73. Duke C. C., Tran V. H., Duke R. K., Abu-Mellal A., Plunkett G. T., King D. I., ... & Bruhl J. J. A sedge plant as the source of Kangaroo Island propolis rich in prenylated p-coumarate ester and stilbenes. *Phytochemistry*. 2017.134, 87–97.

74. Dvykaliuk R. Exploring the composition of propolis as a subject of processing into food products. *Technology Audit and Production Reserves*. 2022. 3(71), 35–40.

75. Dvykaliuk R. Testing of the collecting propolis device on the bee farms in different regions of Ukraine. *Scientific Works of National University of Food Technologies*. 2023. 29(2), 85–100.

76. Dvykaliuk R., Adamchuk L. Development of a propolis collecting device. *Animal Science and Food Technology*. 2021. 12(3), 76–88.

77. 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. 14(1), 26–48.

78. 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. 13(2), 16–25.

79. Dvykaliuk R., Adamchuk L., Pylypko K. Propolis Drops as Evidence for Dilution of Propolis by Honey Bees? *Bee World*. 2022. 99(4), 110–116.

80. Edo C., Fernández-Alba A. R., Vejsnæs F., van der Steen J. J., Fernández-Piñas F., & Rosal R. Honeybees as active samplers for microplastics. *Science of The Total Environment*. 2021. 767, 144481.

81. Eghbali H., & Sharifi M. Comparing longitudinal and cross-sectional sampling methods on growth variables and age estimation: lessons from postnatal growth of the Geoffroy's bat, *Myotis emarginatus*. *Mammal Research*. 2020. 65(4), 743–753.

82. El Sheikha A.F., Allam A.Y., ElObeid T., Basiouny E.A., Abdelaal A.A., Amarowicz R., Oz E., Proestos C., Karrar E., Oz F. Impact of a Carboxymethyl Cellulose Coating Incorporated with an Ethanolic Propolis Extract on the Quality Criteria of Chicken Breast Meat. *Antioxidants*. 2022. 11(6), 1191.

83. El-Deeb A. M., & Omar S. A.. Effect of Propolis Extract as a Natural Preservative on the Microbial Content of Kareish Cheese. *Journal of Food and Dairy Sciences*. 2017. 8(7), 295–302.

84. El-Guendouz S., Lyoussi B., Miguel M. G. Insight on Propolis from Mediterranean Countries: Chemical Composition, Biological Activities and Application Fields. *Chemistry & biodiversity*. 2019. 16(7), e1900094.

85. Falcão S. I., Tomás A., Freire C., Vilas-Boas M. A voltammetric tool for the evaluation of propolis antioxidant activity. *European Food Research and Technology*. 2016. 242(8), 1393–1401.

86. Falcão S. I., Tomás A., Vale N., Gomes P., Freire C., & Vilas-Boas M. Phenolic quantification and botanical origin of Portuguese propolis. *Industrial Crops and Products*. 2013. 49, 805–812.

87. Farag M. R., Abdelnour S. A., Patra A. K., Dhama K., Dawood M. A., Elnesr S. S., & Alagawany M. Propolis: Properties and composition, health benefits and applications in fish nutrition. *Fish & Shellfish Immunology*. 2021. 115, 179–188.

88. Ferreira de Brito L., Bergara Pereira F., Lorenzon M. C., Castro R. N., Laureano Melo R., Guerra A. F., & Luchese R. H. What is the Effect of Propolis Extracts against Pathogenic Microorganisms and on Potentially Probiotic Strains of *Lacticaseibacillus* and *Limosilactobacillus*?. *ACS Food Science & Technology*. 2022. 2(3), 493–502.

89. Ferreira J. M., Fernandes-Silva C. C., Salatino A., Negri G., & Message D. New propolis type from north-east Brazil: chemical composition, antioxidant activity and botanical origin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017. 97(11), 3552–3558.

90. Funari C. S., Sutton A. T., Carneiro R. L., Fraige K., Cavalheiro A. J., da Silva Bolzani V., ... & Arrua R. D. Natural deep eutectic solvents and aqueous solutions as an alternative extraction media for propolis. *Food Research International*. 2019. 125, 108559.

91. Ghisalberti E. L. Propolis: a review. *Bee world*. 1979. 60(2), 59–84.

92. Gomes J., Barbosa J., & Teixeira P. The inhibitory concentration of natural food preservatives may be biased by the determination methods. *Foods*. 2021.10(5), 1009.
93. 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. 65, 261–267.
94. Greenaway W., May J., Scaysbrook T., & Whatley F. R. Identification by gas chromatography-mass spectrometry of 150 compounds in propolis. *Zeitschrift für Naturforschung*. 1991. 46(1–2), 111–121.
95. Grubbs K. J., Scott J. J., Budsberg K. J., Read H., Balsler T. C., & Currie C. R. Unique honey bee (*Apis mellifera*) hive component-based communities as detected by a hybrid of phospholipid fatty-acid and fatty-acid methyl ester analyses. *PLoS One*. 2015. 10(4), e0121697.
96. Gümüş D., Kızıl M. Propolisin besinlerde kullanımı ve koruyucu özellikleri. *Food and Health*. 2022. 8(1), 68–77.
97. Gunes-Bayir A., Bilgin M. G., Guclu D., Pogda S., & Dadak A. Preparation and evaluation of novel functional fermented dairy products containing propolis and cinnamon. *Journal of food science and technology*. 2021. 1–10.
98. Gutiérrez-Cortés C., & Suarez Mahecha H. Antimicrobial activity of propolis and its effect on the physicochemical and sensoral characteristics in sausages. *Vitae*. 2014. 21(2), 90–96. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169831493003.pdf>.
99. Guzelmeric E., Ristivojević P., Trifković J., Dastan T., Yilmaz O., Cengiz O., & Yesilada E. Authentication of Turkish propolis through HPTLC fingerprints combined with multivariate analysis and palynological data and their comparative antioxidant activity. *LWT*. 2018. 87, 23–32.
100. Han J. W., Ruiz-Garcia L., Qian J. P., & Yang X. T. Food packaging: A comprehensive review and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. 17(4), 860–877.
101. Hodel K. V., Machado B. A., Santos N. R., Costa R. G., Menezes-Filho J. A., & Umsza-Guez M. A. Metal Content of Nutritional and Toxic Value in

Different Types of Brazilian Propolis. *The Scientific World Journal*. 2020. 2020, Article ID 4395496.

101. Hodges C. R., Delaplane K. S., & Brosi B. J. Textured Hive Interiors Increase Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Propolis–Hoarding Behavior. *Journal of economic entomology*. 2019. 112(2), 986–990.

102. Hu H., Wang Y., Zhu H., Dong J., Qiao J., Kong L., & Zhang H. Two novel markers to discriminate poplar-type propolis from poplar bud extracts: 9-oxo-ODE and 9-oxo-ODA. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022. 105, 104196.

103. Huang S., Zhang C. P., Li G. Q., Sun Y. Y., Wang K., & Hu F. L. Identification of catechol as a new marker for detecting propolis adulteration. *Molecules*. 2014. 19(7), 10208–10217.

104. Huang S., Zhang C. P., Wang K., Li G. Q., & Hu F. L. Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*. 2014. 19(12), 19610–19632.

105. Instrução Normativa N° 11 Anexo VII. Regulamento de identidade e qualidade de extrato de própolis. de 20 de Outubro de 2000. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA. Publicado no DOU de 23/10/00, Seção I, p. 16–17.

106. 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. 143, 111164.

107. Isidorov V. A., Bakier S., Pirožnikow E., Zambrzycka M., Swiecicka I. Selective behaviour of honeybees in acquiring European propolis plant precursors. *Journal of chemical ecology*. 2016. 42(6), 475–485.

108. Isidorov V.A., Szczepaniak L., Bakier S. Rapid GC/MS determination of botanical precursors of Eurasian propolis. *Food Chem*. 2014. 142, 101–106.

109. ISO/CD 24381. ISO. URL: <https://www.iso.org/standard/78543.html> (date of access: 22.01.2023).

110. ISO–5725. ISO. URL: <https://www.iso.org/standard/84716.html> (date of access: 22.01.2023).

111. Jiang X., Tian J., Zheng Y., Zhang Y., Wu Y., Zhang C., Hu F. A New Propolis Type from Changbai Mountains in North-east China: Chemical Composition, Botanical Origin and Biological Activity. *Molecules*. 2019. 24(7), 1369.
112. 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.
113. 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%20Otesis.pdf?sequence=1>.
114. Júnior L. M., de Ávila Gonçalves S., da Silva R. G., Martins J. T., Vicente A. A., Alves R. M. V., & Vieira R. P. Effect of green propolis extract on functional properties of active pectin-based films. *Food Hydrocolloids*. 2022. 131, 107746.
115. Kafantaris I., Amoutzias G. D., & Mossialos D. Foodomics in bee product research: a systematic literature review. *European Food Research and Technology*. 2021. 247(2), 309–331.
116. Kardar M. N., Zhang T., Coxon G. D., Watson D. G., Fearnley J., Seidel V. Characterisation of triterpenes and new phenolic lipids in Cameroonian propolis. *Phytochemistry*. 2014. 106 156–163.
117. Kasote D., Bankova V., & Viljoen A. M.. Propolis: chemical diversity and challenges in quality control. *Phytochemistry Reviews*. 2022. 1(25), 1887–1911.
118. Kekeçoğlu M., Eroğlu N., Kambur M. & Uçak M. The Relationships Between Propolis Collecting Capability and Morphometric Features of Some Honey Bee Races and Ecotypes in Anatolia . *Journal of Agricultural Sciences*. 2020. 26 (1), 71–77.
119. Kevenk T. O., & Aras Z. Decontamination Effect of Zinc Oxide Nanoparticles, Rosmarinic Acid and Anatolian Propolis on Foodborne Bacteria. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2022. 10(2), 313–318.

120. Kiziltas H., & Erkan C.. The effects of different beehives on propolis production and quality. *Food Science and Technology*. 2020. 41 (4).
121. König B. Plant Sources of Propolis. *Bee World*. 1985. 66(4), 136–139.
122. Kumazawa S. Bioactive compounds in bee propolis for drug discovery. In *AIP Conference Proceedings*. 2018. 1933 (1), 030001.
123. Kuropatnicki A. K., Szliszka E., Krol W. Historical aspects of propolis research in modern times. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2013. Article ID 964149.
124. Lazebnyi V., Dosenko S., Bilevska O. Принципи 3d моделювання механічних деталей для застосування 3d принтера. *Computer-integrated technologies: Education, Science, Production*. 2020. 41, 51–58.
125. Lima M., Orsi R. D. O., Costa G. D. M., & Malaspina O. Brazilian propolis production by africanized bees (*Apis mellifera*). *Bee World*. 2015. 92(3), 58–68.
126. López-Patiño C., Arroqui C., Horvitz S., Vírveda P. Strategies to Enhance Propolis Ethanolic Extract's Flavor for its Use as A Natural Preservative in Beef. *Current Research in Nutrition and Food Science*. 2021. 09 (2), 521–532.
127. Lorenzon M. C. A., Castro R. N., de Oliveira Pires L., Koshiyama A. S., & Bento K. J. B. Biological values of different types of Brazilian propolis. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. 2018. 8, 90.
128. Vilas-Boas M., Lopes M., Nunes L. F., Pereyra A., Kunert C., Beckh G., Çelemlı O. G., Sorkun K., Georgé S., Paulo L., Gardini S., Sancho M. T., Osés S. M., Fernández-Muıño M. A., Bankova V., Popova M., Trusheva B., Petrov N., Dastan T., ... Falcão S. I. Assessing the performance of analytical methods for propolis – A collaborative trial by the international honey commission. *Journal of Apicultural Research*. 2022. 62(3), 542–555.
129. Manrique A. Selec,ção de abelhas africanizadas para a melhoria na produc,ção de pro'polis (Africanized honey bees selection to improve the propolis production). (Unpublished doctoral dissertation thesis). Faculdade de Medicina de

Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil. 2001. <https://hdl.handle.net/1807/23823>.

130. Marcinkowska-Lesiak M., Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Zalewska M., & Poltorak A. Application of propolis extract in gelatin coatings as environmentally friendly method for extending the shelf life of pork loin. *Coatings*. 2021. 11(8), 979.

131. Market Research Future. Propolis Market Report – Forecast to 2023. 2018. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/propolis-market-782> (date of access: 25.03.2022).

132. Maroof K., Lee R. F., Siow L. F., & Gan S. H. Microencapsulation of propolis by spray drying: A review. *Drying Technology*. 2022. 40(6), 1083–1102.

133. Matin G., Kargar N., & Buyukisik H. B. Bio-monitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*. 2016. 90, 331–335.

134. Mchedlov-Petrosyan M., Lebid V., Glazkova O., Lebid O. (2012). *Koloyidna himiya: pidruchnik [Interface and colloid science: Textbook]*. Kharkiv: HNU Imeni V. N. Karazina [in Ukrainian].

135. Mendonça-Melo L., Mota E., Lopez B., Sawaya A., Freitas L., Jain S., Araújo E. Chemical and genetic similarity between *Dalbergia ecastaphyllum* and red propolis from the Northeastern Brazil. *Journal of Apicultural Research*. 2017. 56(1), 32–39.

136. Meyer W., Ulrich W. Propolis Bees and Their Activities. *Bee World*. 1956. 37(2), 25–36.

137. Miguel M. G., & Antunes M. D. Is propolis safe as an alternative medicine?. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*. 2011. 3(4), 479. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3249695>.

138. Miguel M. G., & Figueiredo A. C.. Propolis and geopropolis volatiles. In *Bee Products-Chemical and Biological Properties*. Springer. 2017. 113–136.

139. Miguel M. G., Nunes S., Cruz C., Duarte J., Antunes M. D., Cavaco A. M., ... & Figueiredo A. C. Propolis volatiles characterisation from acaricide-treated

and-untreated beehives maintained at Algarve (Portugal). *Natural product research*. 2013. 27(8), 743–749.

140. Milojković Opsenica D., Ristivojević P., Trifković J., Vovk I., Lušić D., & Tešić Ž. TLC fingerprinting and pattern recognition methods in the assessment of authenticity of poplar-type propolis. *Journal of chromatographic science*. 2016. 54(7), 1077–1083.

141. Ministry of Agriculture New Zealand. *Apiculture Monitoring Programme Report*. 2016. URL: <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/16621/loggedIn> (date of access: 25.03.2022).

142. Mititelu M., Udeanu D. I., Nedelescu M., Neacsu S. M., Nicoara A. C., Oprea E., & Ghica M. Quality Control of Different Types of Honey and Propolis Collected from Romanian Accredited Beekeepers and Consumer's Risk Assessment. *Crystals*. 2022. 12(1), 87.

143. Moreno M. A., Vallejo A. M., Ballester A. R., Zampini C., Isla M. I., López-Rubio A., & Fabra M. J. Antifungal edible coatings containing Argentinian propolis extract and their application in raspberries. *Food Hydrocolloids*. 2020. 107, 105973.

144. Mountford-McAuley R., Prior J., & Clavijo McCormick A. Factors affecting propolis production. *Journal of Apicultural Research*. 2021. 1–9.

146. Murase M., Kato M., Sun A., Ono T., Nakamura J., Sato T., Kumazawa S. *Rhus javanica* var. *chinensis* as a new plant origin of propolis from Okayama, Japan. *Biosci. Biotech. Biochem.* 2008. 72 (10), 2782–2784.

146. Murcia-Morales M., Heinzen H., Parrilla-Vázquez P., del Mar Gómez-Ramos M., & Fernández-Alba A. R. Presence and distribution of pesticides in apicultural products: a critical appraisal. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2021. 116506.

147. Nakamura J., & Seeley T. D. The functional organization of resin work in honeybee colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2006. 60(3), 339–349.

148. Negri G., Marcucci C., Salatino A., Salatino M. L. F. Comb and propolis waxes from Brazil (States of São Paulo and Paraná). *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2000. 11(5), 453–457.

149. Nichitoi M. M., Josceanu A. M., Isopescu R. D., Isopencu G. O., Geana E. I., Ciucure C. T., & Lavric V. Polyphenolics profile effects upon the antioxidant and antimicrobial activity of propolis extracts. *Scientific reports*. 2021. 11(1), 1–12.

150. Nicodemo D., De Jong D., Couto R. H. N., & Malheiros B. Honey bee lines selected for high propolis production also have superior hygienic behavior and increased honey and pollen stores. *Genetics and Molecular Research*. 2013. 6931–6938.

151. NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SAG/GAN-2017. Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento. Secretaria de agricultura, ganaderia, desarrollo rural, pesca y alimentacion. Retrieved from https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5500103&fecha=06/10/2017#gsc.tab=0.

152. 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.

153. 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.

154. Okhale S. E., Nkwegu C., Ugbabe G. E., Ibrahim J. A., Egharevba H. O., Kunle O. F., & Igoli J. O. Bee propolis: Production optimization and applications in Nigeria. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*. 2021.13(1), 33–45.

155. Olewnik-Kruszkowska E., Gierszewska M., Wrona M., Nerin C., & Grabska-Zielińska S. Polylactide-Based Films with the Addition of Poly (ethylene glycol) and Extract of Propolis-Physico-Chemical and Storage Properties. *Foods*. 2022. 11(10), 1488.

156. Olszewski K., Dziechciarz P., Trytek M., & Borsuk G. A scientific note on the strategy of wax collection as rare behavior of *Apis mellifera*. *Apidologie*. 2022. 53(4), 40.
157. Omar R., Igoli J.O., Zhang T., Gray A.I., Ebiloma G.U., Clements C.J., Fearnley J., Edrada-Ebel R.A., Paget T., de Koning H.P., Watson D.G. The chemical characterization of Nigerian propolis samples and their activity against *Trypanosoma brucei*. *Scientific reports*. 2016. 7(1), 1–10.
158. Örsi-Pál Z. (1957). The role of the mandibular glands of the honeybee. *Bee World*, 38(3), 70–73.
159. Osés S. M., Marcos P., Azofra P., de Pablo A., Fernández-Muñoz M. Á., & Sancho M. T. Phenolic profile, antioxidant capacities and enzymatic inhibitory activities of propolis from different geographical areas: Needs for analytical harmonization. *Antioxidants*. 2020. 9(1), 75.
160. Özenirler Ç., Çelepli 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>.
161. Özenirler Ç., Çelepli Ö. G., Mayda N., & Sorkun K. A New Record for Propolis Substitute: Pruning Sealer. *Mellifera*. 2018. 18(1), 36–39. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/586536>.
162. Pant K., Thakur M., Chopra H. K., & Nanda V. Encapsulated bee propolis powder: Drying process optimization and physicochemical characterization. *LWT*. 2021. 112956.
163. Papachristoforou A., Koutouvela E., Menexes G., Gardikis K., & Mourtzinou I. Photometric analysis of propolis from the island of Samothraki, Greece. The discovery of red propolis. *Chemistry & Biodiversity*. 2019. 16(7), e1900146.
164. Papotti G., Bertelli D., Bortolotti L., & Plessi M. Chemical and Functional Characterization of Italian Propolis Obtained by Different Harvesting Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. 60(11), 2852–2862.

165. Park Y. K., Alencar S. M., Aguiar C. L. Botanical origin and chemical composition of Brazilian propolis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. 50(9), 2502–2506.
166. Paulo F., Paula V., Estevinho L. M., & Santos L. Propolis microencapsulation by double emulsion solvent evaporation approach: Comparison of different polymeric matrices and extract to polymer ratio. *Food and Bioproducts Processing*. 2021. 127, 408–425.
167. Pavlovic R., Borgonovo G., Leoni V., Giupponi L., Ceciliani G., Sala S., ... & Giorgi A. Effectiveness of different analytical methods for the characterization of propolis: a case of study in Northern Italy. *Molecules*. 2020. 25(3), 504.
168. Perugini M., Tulini S. M., Zezza D., Fenucci S., Conte A., & Amorena M. Occurrence of agrochemical residues in beeswax samples collected in Italy during 2013–2015. *Science of the total environment*. 2018. 625, 470–476.
169. Petkov H., Trusheva B., Krustanova S., Grozdanova T., Popova M., Alipieva K., & Bankova V. Green Extraction of Antioxidants from Natural Sources with Natural Deep Eutectic Solvents. *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*. 2022. 75(8), 1129–1137.
170. Pobiega K., Gniewosz M., Kraśniewska K. Antimicrobial and antiviral properties of different types of propolis. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol.* 2017. 589, 69–79.
171. Pobiega K., Kraśniewska K., Przybył J. L., Bączek K., Żubernik J., Witrowa-Rajchert D., & Gniewosz M. Growth biocontrol of foodborne pathogens and spoilage microorganisms of food by Polish propolis extracts. *Molecules*. 2019. 24(16), 2965.
172. Polska norma. Propolis – kit pszczeli PN-R-78891. Polski Komitet Normalizacyjny. SKN 1552 ICS 65.140.10. 1996. 10 p.
173. Popova M., Trusheva B., & Bankova V. Chemistry and Applications of Propolis. *Gums, Resins and Latexes of Plant Origin*. 2021. 1–33.

174. Popova M., Dimitrova R., Al-Lawati H. T., Tsvetkova I., Najdenski H., & Bankova V. Omani propolis: chemical profiling, antibacterial activity and new propolis plant sources. *Chemistry Central Journal*. 2013. 7(1), 1–8.

175. Prakatur I., Miškulin I., Senčić Đ., Pavić M., Miškulin M., Samac D., ... & Domaćinović M. The influence of propolis and bee pollen on chicken meat quality. *Veterinarski arhiv*. 2020. 90(6), 617–625.

176. Przybyłek I., & Karpiński T. M. Antibacterial properties of propolis. *Molecules*. 2019. 24(11), 2047.

177. Regueira M. S., Tintino S. R., da Silva A. R. P., Costa M. do S., Boligon A. A., Matias E. F. F., ... Melo Coutinho H. D. Seasonal variation of Brazilian red propolis: Antibacterial activity, synergistic effect and phytochemical screening. *Food and Chemical Toxicology*. 2017. 107, 572–580.

178. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/396/2016-05-13> (date of access: 25.03.2022).

179. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2005/396/2016-05-13> (date of access: 25.03.2022).

180. Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing a common organisation of the markets in agricultural products and repealing Council Regulations (EEC) No 922/72, (EEC) No 234/79, (EC) No 1037/2001 and (EC) No 1234/2007. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/1308/oj> (date of access: 25.03.2022);

181. Renz H., Allen K. J., Sicherer S. H., Sampson H. A., Lack G., Beyer K., & Oettgen H. C. Food allergy. *Nature reviews Disease primers*. 2018. 4(1), 1–20.

182. Ristivojević P., Trifković J., Andrić F., & Milojković-Opsenica D. Poplar-type propolis: chemical composition, botanical origin and biological activity. *Natural product communications*. 2015. 0(11): 1869–1876. PMID: 26749815.

183. Rodrigues D. M., De Souza M. C., Arruda C., Pereira R. A. S., & Bastos J. K. The role of *Baccharis dracunculifolia* and its chemical profile on green propolis production by *Apis mellifera*. *Journal of chemical ecology*. 2020. 46(2), 150–162.
184. Rodrigues R., Bilibio D., Plata-Oviedo M. S., Pereira E. A., Mitterer-Daltoé M. L., Perin E. C., & Carpes S. T. Microencapsulated and Lyophilized Propolis Co-Product Extract as Antioxidant Synthetic Replacer on Traditional Brazilian Starch Biscuit. *Molecules*. 2021. 26(21), 6400.
185. Roy S., Rhim J. W. Preparation of gelatin/carrageenan-based color-indicator film integrated with shikonin and propolis for smart food packaging applications. *ACS Applied Bio Materials*. 2020. Vol. 4. No. 1. P. 770–779.
186. Saccardi L., Brümmer F., Schiebl J., Schwarz O., Kovalev A., Gorb S. Interaction between honeybee mandibles and propolis. *Beilstein Journal of Nanotechnology*. 2022. Vol. 13. P. 958–974.
187. Saccardi L., Schiebl J., Schwarz O., Gorb S. N., Kovalev A., Weber K. Adhesive behavior of propolis on different substrates. *Frontiers in Mechanical Engineering*. 2021. Vol. 32. No. 7.
188. Sahinler N., Gul A. The effects of propolis production methods and honeybee genotypes on propolis yield. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2005. Vol. 8. No. 9. P. 1212–1214.
189. 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.
190. Salatino A., Salatino M. L. F. Why do honeybees exploit so few plant species as propolis sources. *MOJ Food Processing & Technology*. 2017. Vol. 4. No. 5. 3.
191. Sales A., Alvarez A., Areal M. R., Maldonado L., Marchisio P., Rodríguez M., Bedascarrasbure E. The effect of different propolis harvest methods on its lead contents determined by ET AAS and UV–visS. *Journal of hazardous materials*. 2006. Vol. 137. No. 3. P. 1352–1356.

192. Sallemi S., Lekired A., Korbi N., Saadouli I., Cherif A., Zidi I., Mosbah A. Fungal Community Investigation from Propolis Natural Products: Diversity and Antibacterial Activities Evaluation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2022. P. 1–9.
193. 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>.
194. Shakoury N., Aliyari M. A., Salami M., Emam-Djomeh Z., Vardhanabhuti B., Moosavi-Movahedi A. A. Encapsulation of propolis extract in whey protein nanoparticles. *LWT*. 2022. Vol. 158. Article number 113138.
195. Sharma A., Pant K., Brar D. S., Thakur A., & Nanda V. A review on Api-products: Current scenario of potential contaminants and their food safety concerns. *Food Control*. 2022. 109499.
196. Siefert P., Buling N., & Grünewald B. Honey bee behaviours within the hive: Insights from long-term video analysis. *Plos one*. 2021. 16(3), e0247323.
197. Simone-Finstrom M. D., Spivak M. Increased resin collection after parasite challenge: a case of self-medication in honey bees?. *PloS one*. 2012. 7(3), e34601.
198. Simone-Finstrom M., & Spivak M. Propolis and bee health: the natural history and significance of resin use by honey bees. *Apidologie*. 2010. 41(3), 295–311.
199. Simone-Finstrom M., Borba R., Wilson M., Spivak M. Propolis counteracts some threats to honey bee health. *Insects*. 2017. 8(2), 46.
200. Simsek I., Kuzukiran O., Yurdakok-Dikmen B., Sireli U. T., Beykaya M., & Filazi A. Comparison of selected lipophilic compound residues in honey and propolis. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. 102, 104068.
201. Soares A. C. B., Brito D. A. P., Soares S. C. P., Gomes K. S., Saldanha G. K. M. S., & Soares V. D. S. Maintenance of quality of eggs submitted to

treatment with propolis extract and sanitizers. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2022. 44, e53584.

202. Solorzano E.R., Bortolini C., Bogialli S., Di Gangi I.M., Favaro G., Maldonado L., astore, P., Use of a LC-DAD-QTOF system for the characterization of the phenolic profile of the argentinean plant *Zuccagnia punctata* and of the related propolis: new biomarkers. *Journal of Functional Foods*. 2017. 33, 425–435.

203. Souza E. A., Zaluski R., Veiga N., & Orsi R. O. Effects of seasonal variations and collection methods on the mineral composition of propolis from *Apis mellifera* Linnaeus Beehives. *Brazilian Journal of Biology*. 2016. 76, 396–401.

204. Spulber R., Colta T., Babeanu N., Popa O. Chemical diversity of polyphenols from bee pollen and propolis. *AgroLife Scientific Journal*. 2017. Vol. 6. No. 2. P. 183–194. URL: http://www.agrolifejournal.usamv.ro/pdf/vol.VI_2/Art27.pdf

205. Stanicka K., Dobrucka R., Woźniak M., Sip A., Majka J., Kozak W., Ratajczak I. The Effect of Chitosan Type on Biological and Physicochemical Properties of Films with Propolis Extract. *Polymers*. 2021. Vol. 13. No. 22. Article number 3888.

206. Suárez Mahecha H., Jiménez Toquica Á., Díaz Moreno A. C. Physicochemical evaluation of Cachama fillets (*Piaractus brachypomus*) preserved with propolis during storage. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2014. Vol. 67. No. 1. P. 7229–7236.

207. Sun S., He J., Liu M., Yin G., Zhang X. A Great Concern Regarding the Authenticity Identification and Quality Control of Chinese Propolis and Brazilian Green Propolis. *J Food Nutr Res*. 2019. Vol. 7. No. 10. P. 725–735.

208. Teixeira É. W., Message D., Meira R. M. Methacrylate: An alternative fixing agent for identifying the botanical origin of propolis. *Applications in Plant Sciences*. 2019. Article number e11309.

209. Teixeira É. W., Negri G., Meira R. M., Salatino A. Plant origin of green propolis: bee behavior, plant anatomy and chemistry. Evidence-based complementary and alternative medicine. 2005. Vol. 2. No. 1. P. 85–92.

210. Tomás-Barberán F. A., García-Viguera C., Vit-Olivier P., Ferreres F., Tomás-Lorente F. Phytochemical evidence for the botanical origin of tropical propolis from Venezuela. *Phytochemistry*. 1993. Vol. 34. No. 1. P. 191–196.

211. Tomaszewski M., Dein M., Novy A., Hartman T. G., Steinhaus M., Luckett C. R., Munafo Jr J. P. Quantitation and Seasonal Variation of Key Odorants in Propolis. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2019. Vol. 67. No. 5. P. 1495–1503.

212. Tomšič R., Heath D., Heath E., Markelj J., Kandolf Borovšak A., Prosen H. Determination of Neonicotinoid Pesticides in Propolis with Liquid Chromatography Coupled to Tandem Mass Spectrometry. *Molecules*. 2020. Vol. 25. No. 24. Article number 5870.

213. Torraco R. J. Writing integrative literature reviews: Guidelines and examples. *Human resource development review*. 2005. Vol. 4. No. 3. P. 356–367.

214. 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>

215. Tsagkarakis A. E., Katsikogianni T., Gardikis K., Katsenios I., Spanidi E., Balotis G. N. Comparison of Traps Collecting Propolis by Honey Bees. *Advances in Entomology*. 2017. Vol. 5. No. 02. P. 68–74.

216. Ucar Y. A novel perspective for *Lactobacillus reuteri* cell-free supernatant: co-microencapsulation with propolis extracts. *Biomass Conv. Bioref.* 2022. Vol. 12. P. 1361–1367.

217. Vargas Romero E., Lim L. T., Suárez Mahecha H., Bohrer B. M. The Effect of Electrospun Polycaprolactone Nonwovens Containing Chitosan and Propolis Extracts on Fresh Pork Packaged in Linear Low-Density Polyethylene Films. *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 5. Article number 1110.

218. Vargas-Sánchez R. D., Peñalba-Garmendia M. C., Sánchez-Escalante J. J., Torrescano-Urrutia G. R., Sánchez-Escalante A. Pollen profile of propolis produced

on the eastern edge of the Sonoran Desert in central Sonora, Mexico. *Acta Botánica Mexicana*. 2016. Vol. 114. P. 69–85.

219. Vasilaki A., Hatzikamari M., Stagos-Georgiadis A., Goula A. M., Mourtzinis I. A natural approach in food preservation: Propolis extract as sorbate alternative in non-carbonated beverage. *Food chemistry*. 2019. Vol. 298. Article number 125080.

220. Wang X., Hu H., Luo Z., Liu Y., Zhang H. A plant origin of Chinese propolis: *Populus canadensis* Moench. *Journal of Apicultural Research*. 2018. Vol. 57. No. 2. P. 228–245.

221. Wang Z., Ren P., Wu Y., & He Q. Recent advances in analytical techniques for the detection of adulteration and authenticity of bee products—A review. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2021. Vol. 38. No. 4. P. 533–549.

222. Warakomska Z., Maciejewicz W. Microscopic analysis of propolis from Polish regions. *Apidologie*. 1992. Vol. 23. No. 4. P. 277–283.

223. Wilmart O., Legrève A., Scippo M.-L., Reybroeck W., Urbain B., de Graaf D.C., Saegerman C. Honey bee exposure scenarios to selected residues through contaminated beeswax. *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 772. Article number 145533.

224. Wilson M. B., Spivak M., Hegeman A. D., Rendahl A., Cohen J. D. Metabolomics reveals the origins of antimicrobial plant resins collected by honey bees. *PLoS One*. 2013. Vol. 8. No. 10. Article number e77512.

225. Yamamoto T. Present State of Basic Studies on Propolis in Japan. In: Mizrahi A., Lensky Y. (eds) *Bee Products*. Springer. 1997. P. 107–120.

226. Yan M. R., Hsieh S., Ricacho N. Innovative food packaging, food quality and safety, and consumer perspectives. *Processes*. 2022. Vol. 10. No. 4. P. 747.

227. Yıldırım H. K., Canbay E., Öztürk Ş., Aldemir O., Sözmen E. Y. Biotransformation of propolis phenols by *L. plantarum* as a strategy for reduction of allergens. *Food science and biotechnology*. 2018. Vol. 27. No. 6. P. 1727–1733.

228. Yong H., Liu J. Active packaging films and edible coatings based on polyphenol-rich propolis extract: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. Vol. 20. No. 2. P. 2106–2145.

229. Zampini I. C., Salas A. L., Maldonado L. M., Simirgiotis M. J., Isla M. I. Propolis from the Monte region in Argentina: A potential phytotherapeutic and food functional ingredient. *Metabolites*. 2021. Vol. 11. No. 2. P. 76.

230. Zhang C. P., Zheng H. Q., Hu F. L. Extraction, partial characterization and storage stability of β -glucosidase from propolis. *Journal of food science*. 2011. Vol. 76. No. 1. P. 75–79.

231. Zulhendri F., Chandrasekaran K., Kowacz M., Ravalia M., Kripal K., Fearnley J., Perera C. O. Antiviral, antibacterial, antifungal, and antiparasitic properties of propolis: A Review. *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 6. Article number 1360.

ДОДАТКИ



Рис. А1.1. Патент на корисну модель № 139736

(11) **139736**(19) **UA**(51) МПК (2020.01)
A01K 59/00

<p>(21) Номер заявки: u 2019 10696</p> <p>(22) Дата подання заявки: 29.10.2019</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.01.2020</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 10.01.2020, Бюл. № 1</p>	<p>(72) Винахідники: Двикалюк Роман Мар'янович, UA, Адамчук Леонора Олександрівна, UA</p> <p>(73) Власник: Двикалюк Роман Мар'янович, вул. Волошкова, 74, кв. 40, с. Софіївська Борщагівка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., 08131, UA</p>
---	---

(54) Назва корисної моделі:

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗБОРУ ПРОПОЛІСУ

(57) Формула корисної моделі:

Пристрій для збору прополісу, який складається із металевого каркаса, що містить отвір для вкладання еластичних сіток (решіток) та вали для очищення сіток (решіток) від прополісу, який **відрізняється** тим, що вали, які розміщені горизонтально в одну лінію вздовж верхньої основи металевого каркаса та які приводяться у дію електричним мотором через набір зубчастих передач, мають виступи, що рівномірно розміщені вздовж їх поверхні таким чином, що виступи протилежно розміщених валів практично заходять один в одного, залишаючи зазор для проходження еластичних сіток (решіток), а електричний мотор приводиться у дію та зупиняється за допомогою вимикача.



Рис.А2.1. Патент на промисловий зразок № 41137

(19) UA

(11) 41137

(51) 08-08

(21) Номер заявки: s 2019 02482

(22) Дата подання заявки: 22.11.2019

(24) Дата, з якої є чинними права на промисловий зразок: 25.02.2020

(45) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 25.02.2020, Бюл. № 4

(72) Автор:
Двикалюк Роман Мар'янович
(UA)
Адамчук Леонора
Олександрівна (UA)(73) Власник:
Двикалюк Роман Мар'янович
вул. Волошкова, 74, кв. 40,
с. Софіївська Борщагівка, Києво-
Святошинський р-н, Київська обл.,
08131 (UA)

(54) Назва промислового зразка:

ЕЛЕМЕНТ ЗБІРНОГО ВАЛА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗБОРУ ПРОПОЛІСУ

(55) Зображення промислового зразка та вказівка відносно кольорів:

1.1



Рис.А2.2. Патент на промисловий зразок № 41137

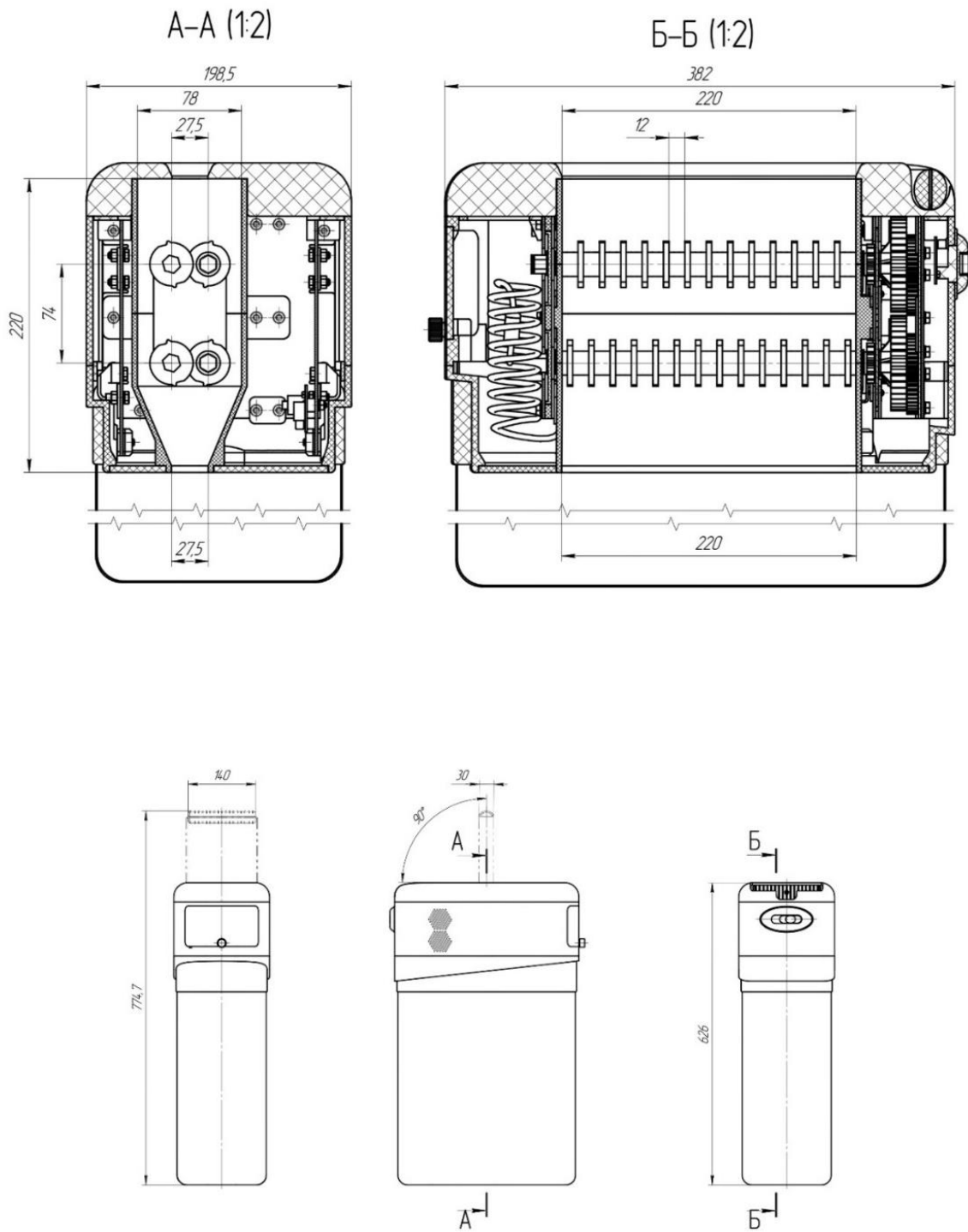


Рис. Б1. Креслення пристрою версії 1.2.

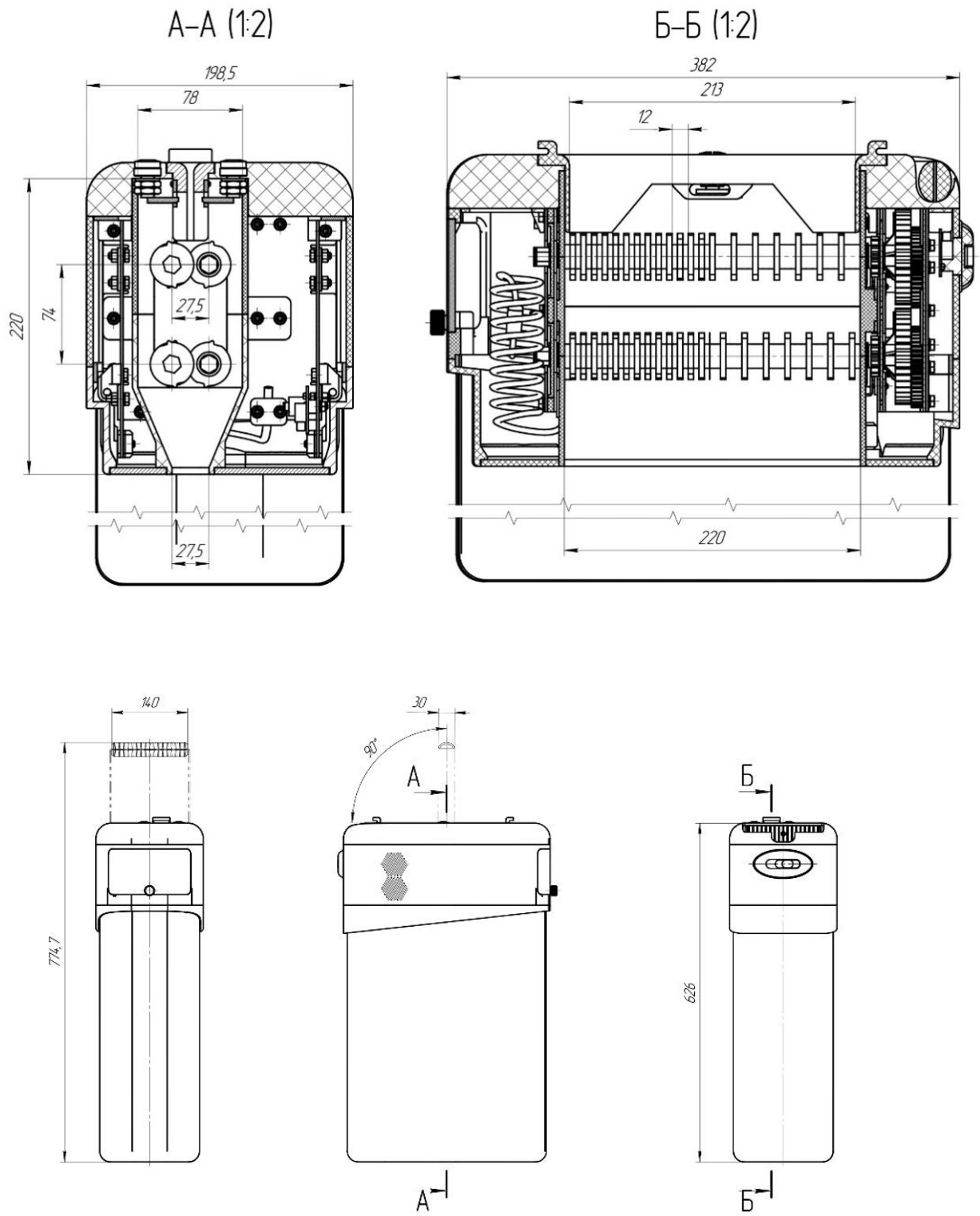


Рис. Б.2. Креслення пристрою версії 1.3.

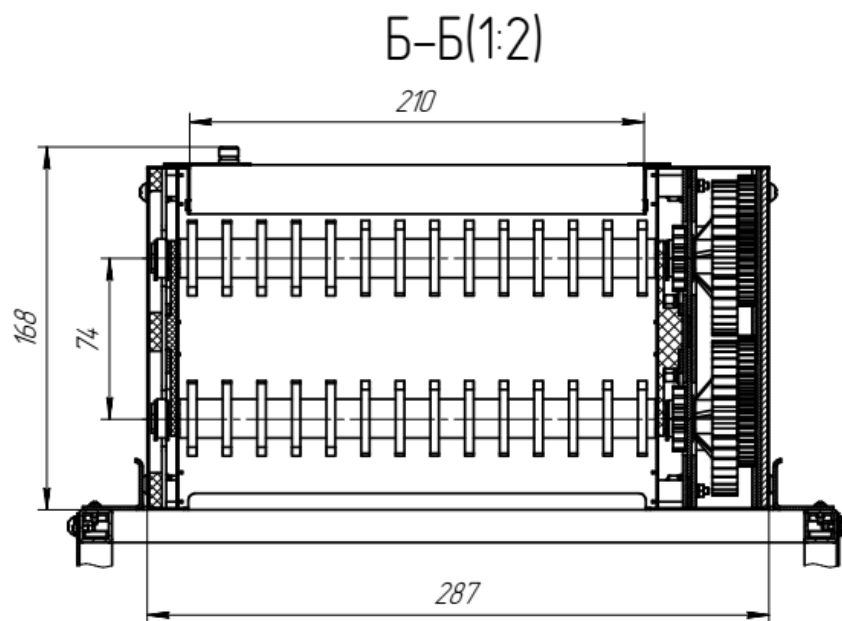
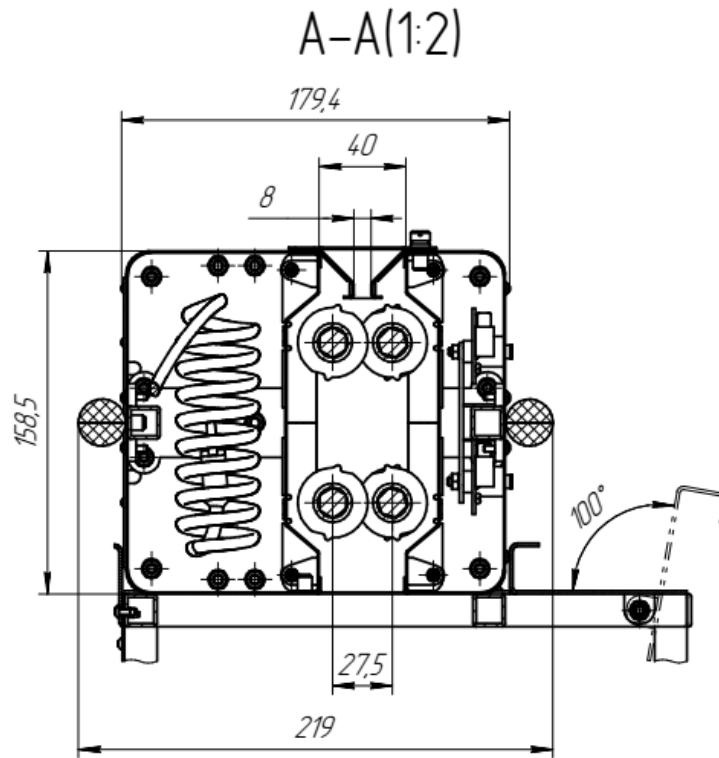


Рис. Б3. Креслення пристрою версії 1.4

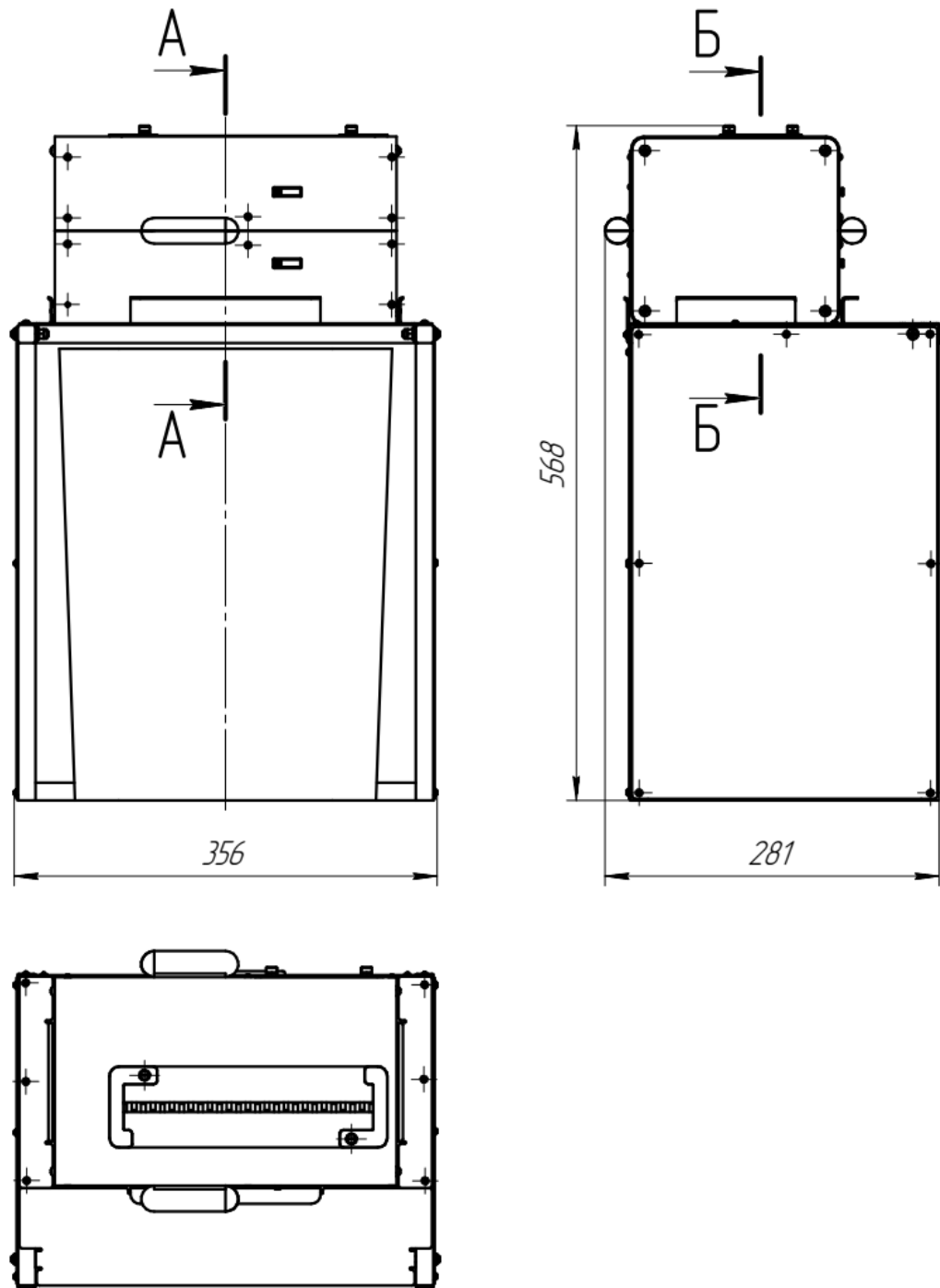


Рис. Б4. Креслення пристрою версії 1.4



Рис. В1. Зображення пластикової решітки для збору прополісу ТМ Anel

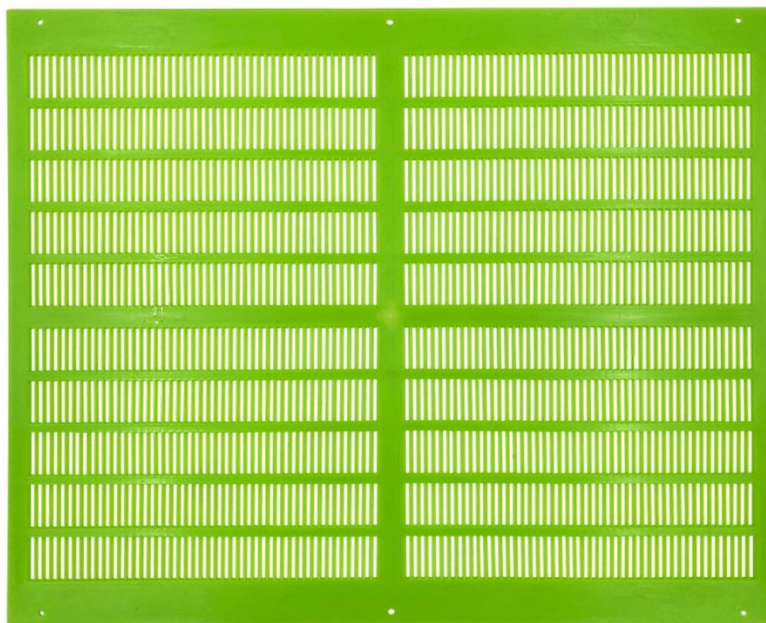


Рис. В2. Зображення пластикової решітки для збору прополісу ТМ Aslan Petek

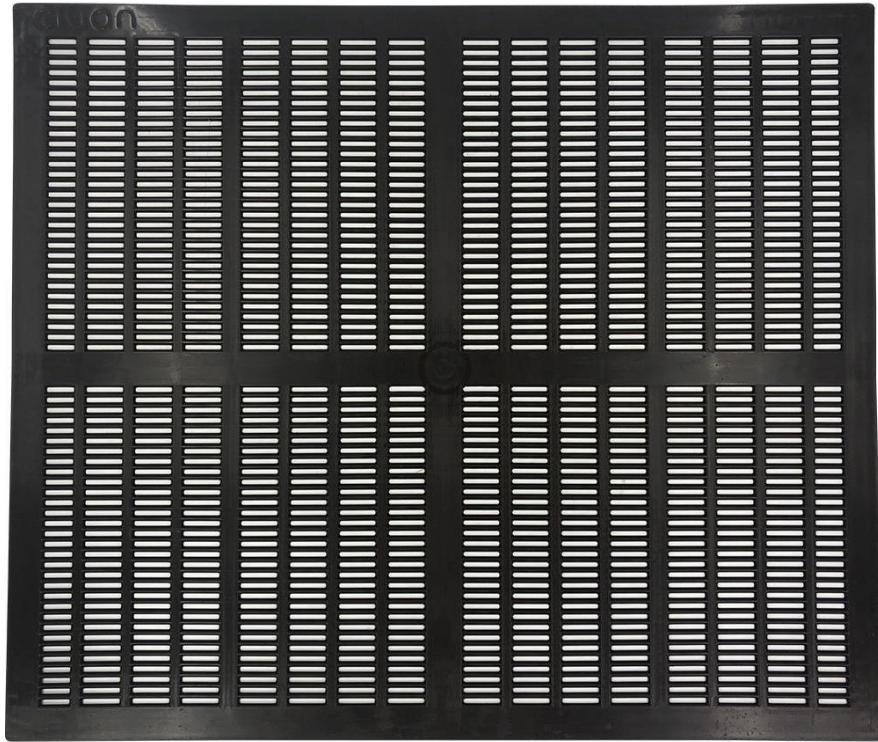


Рис. В3. Зображення пластикової решітки для збору прополісу ТМ CIVAN

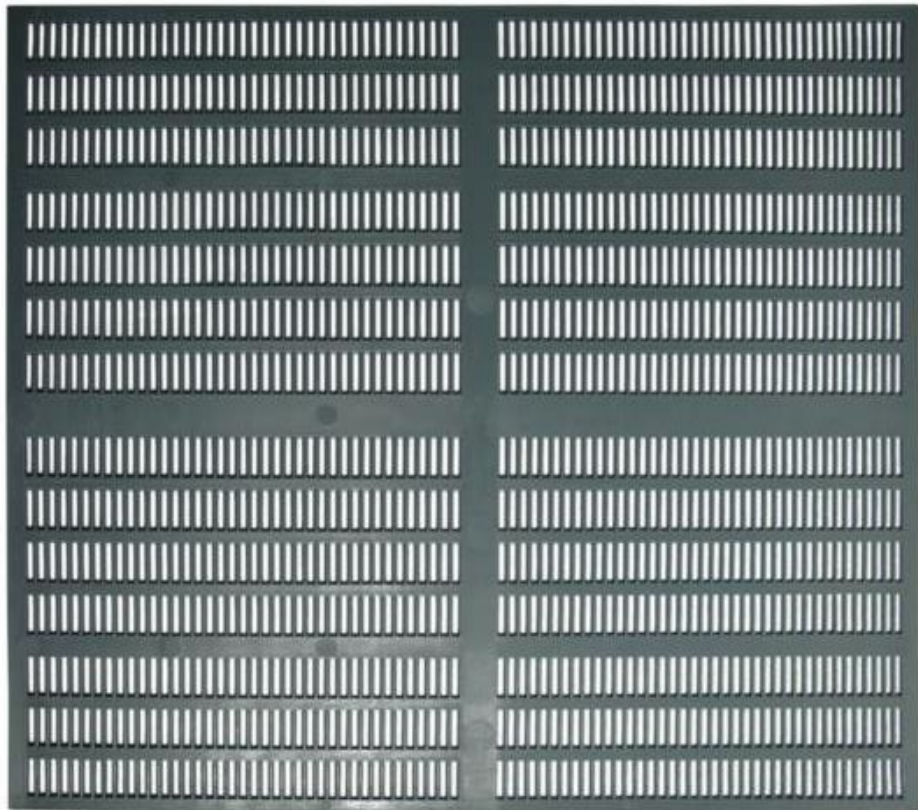


Рис. В4. Зображення пластикової решітки для збору прополісу ТМ Lison

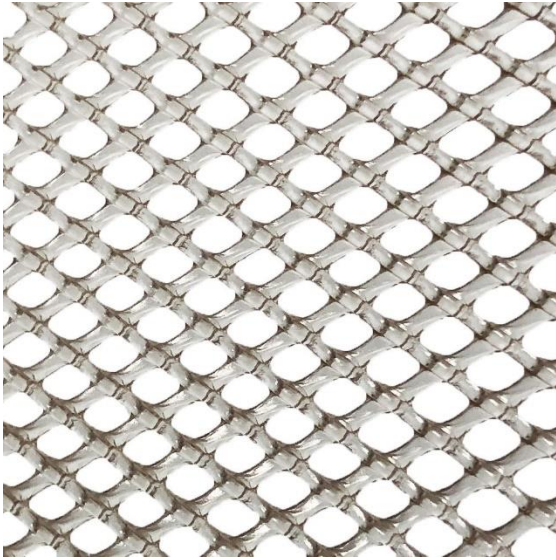


Рис. В5. Зображення еластичної сітки для збору прополісу ТМ Stanz Pres



Рис. В6. Зображення пластикової решітки для збору прополісу

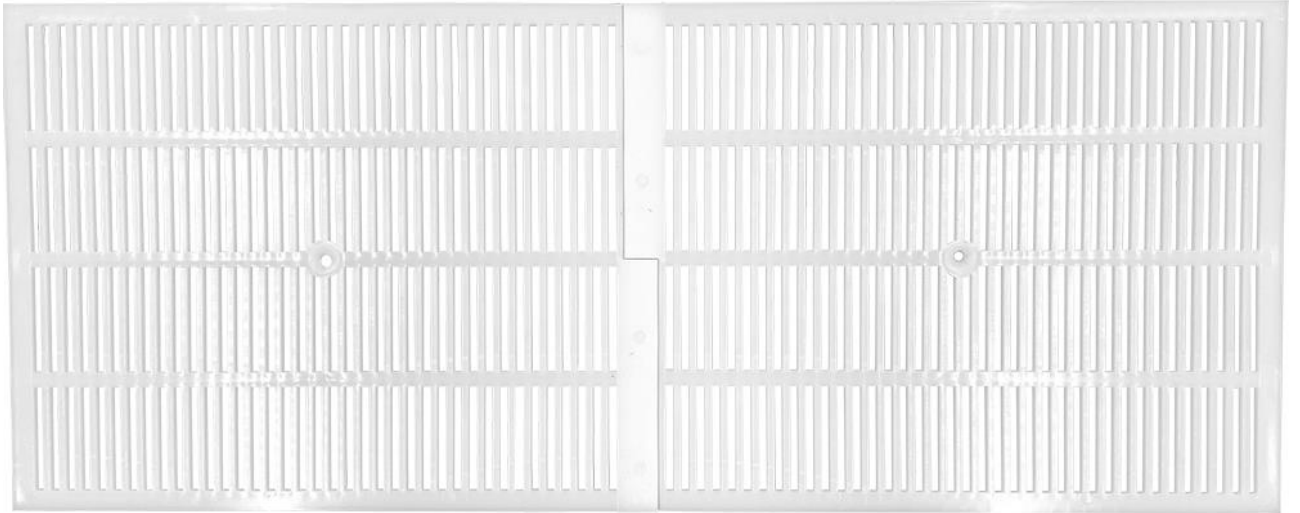


Рис. В7. Зображення секційної пластикової решітки для збору прополісу

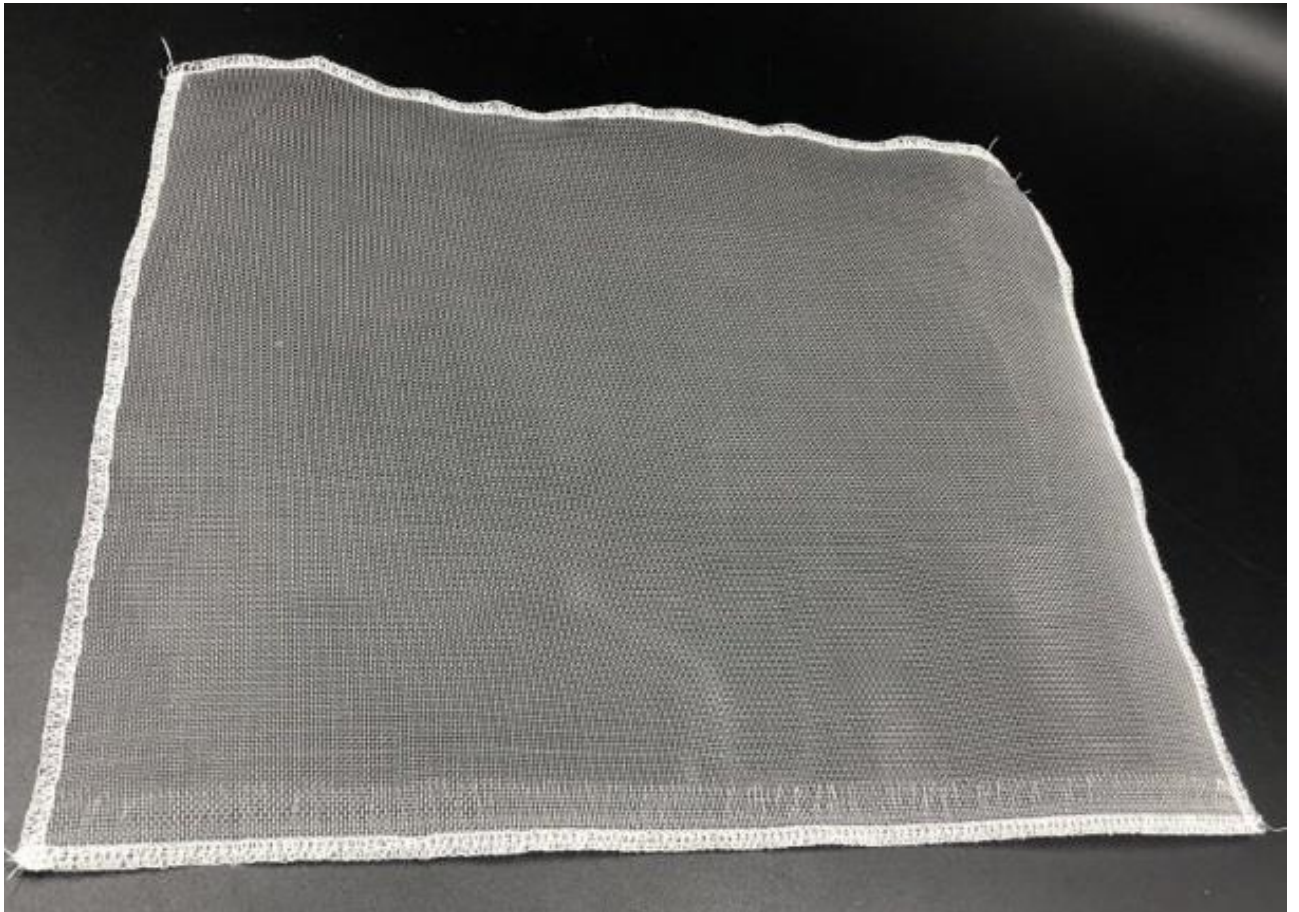


Рис. В8. Зображення тканої пластикової сітки для збору прополісу

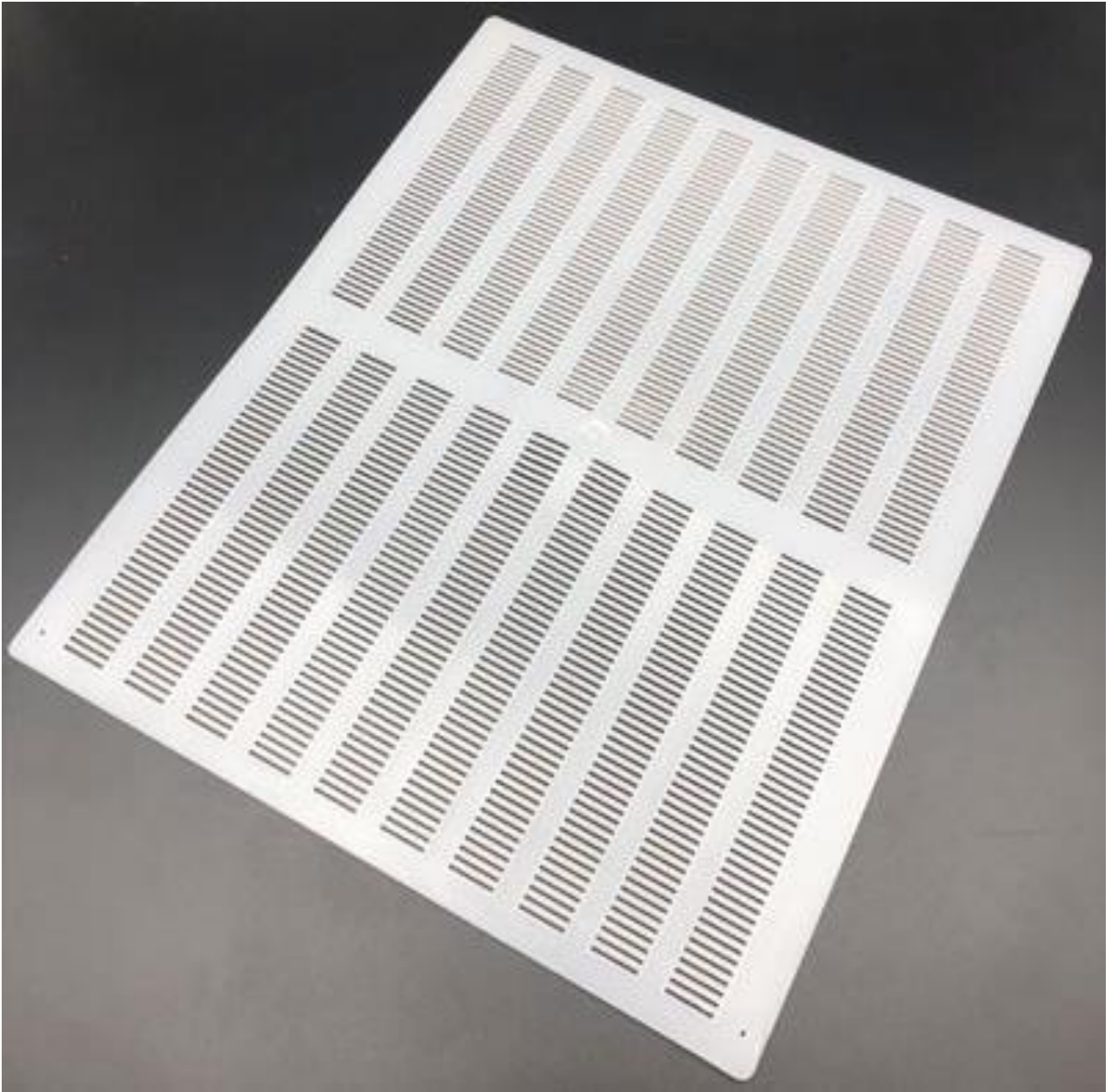


Рис. В9. Прополісозбірник на 10 рамковий вулик

**ІНСТРУКЦІЯ З ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ
ЕЛАСТИЧНИХ СІТОК ПОКРИТИХ ПРОПОЛІСОМ**

НАСТАНОВА З ЕКСПЛУАТАЦІЇ

1. Сфера застосування обладнання

Пристрій призначений виключно для очищення еластичних сіток, покритих прополісом. Не використовуйте пристрій для інших цілей, крім тих, що вказані у цій інструкції. Пристрій є обладнанням, яке використовується для виробництва прополісу, включаючи його використання у харчовій промисловості.

2. Заходи безпеки

Прополіс є специфічним продуктом рослинно-тваринного походження. Перед використанням пристрою та початком процесу очищення переконайтеся, що у вас відсутні алергічні реакції на цей продукт.

Перш ніж використовувати пристрій, переконайтеся у належній вентиляції в приміщеннях та робочих цехах. У разі потреби використовуйте респіратори та інші засоби захисту дихальних шляхів. Важливо зауважити, що пристрій не утворює пилу, диму або інших газів під час роботи.

Різні типи прополісу містять леткі речовини, такі як терпини. Переконайтеся, що запах отриманого продукту не викликає негативного впливу на ваш стан перед тим, як використовувати пристрій.

Перед використанням пристрою, переконайтеся, що приміщення та цехи, де ви плануєте використовувати пристрій, оснащені необхідними засобами первинної медичної допомоги та засобами протипожежного і електрозахисту, відповідно до законодавства вашої країни.

Перед використанням пристрою переконайтеся, що всі вузли та механізми належним чином цілі та закріплені. Перевірте мережевий кабель на відсутність дефектів, пошкоджень чи оголених проводів. Додатково переконайтеся, що пристрій розміщено на стійкій та міцній поверхні.

Оператори, які використовують пристрій, повинні бути одягнені у вбрання, яке не містить шнурків, галстуків та інших частин одягу, що можуть вільно висіти в зоні туловища та рук оператора. Рекомендується використовувати головні убори та захисні рукавиці. Волосся також слід закріпити, щоб уникнути потрапляння його у продукти або в рухомі механізми пристрою.

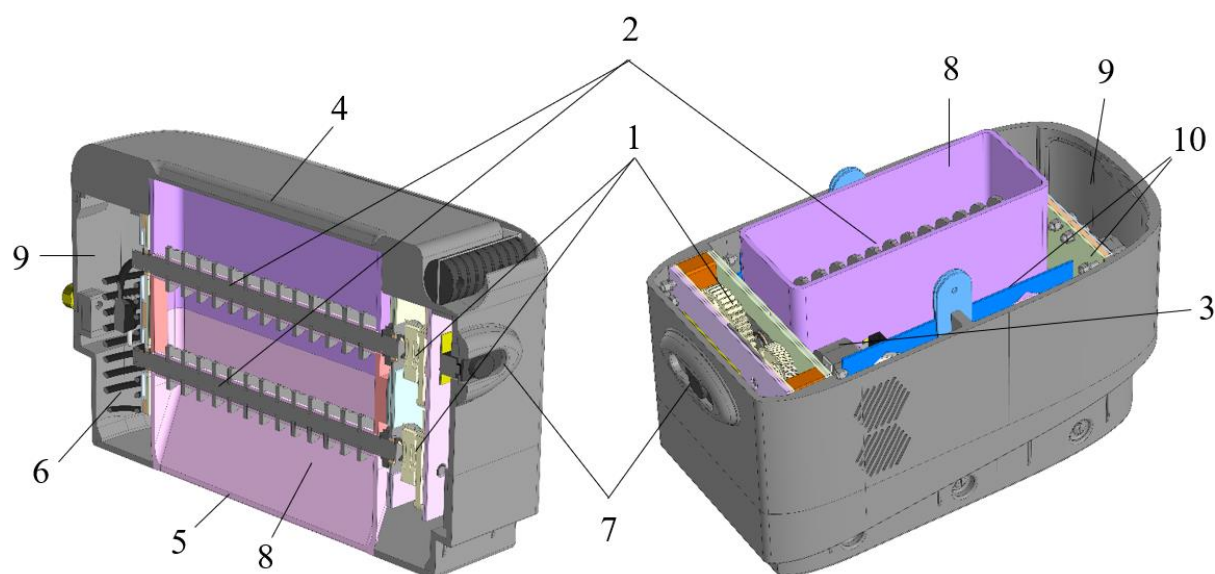
Для належної роботи пристрою та для уникнення можливого ураження електричним струмом переконайтеся, що пристрій не вологий, перш ніж його вмикати. Не використовуйте рідини для миття пристрою. Уникайте потрапляння

рідини в пристрій та його механізми як перед використанням, так і під час використання.

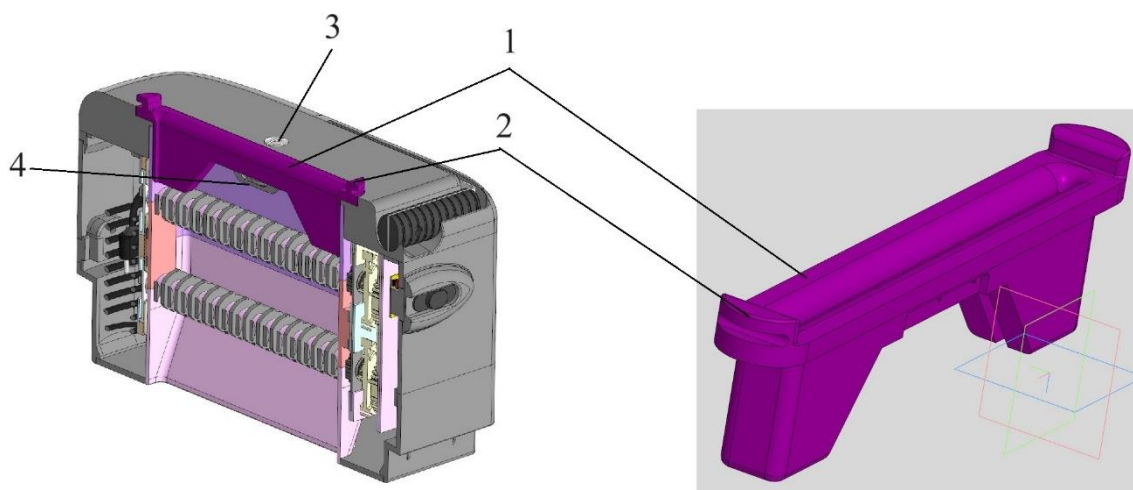
Переконайтесь, що направляюча вставлена та належним чином зафіксована перед вмиканням пристрою та його використанням. Після завершення очищення сіток вимкніть пристрій та від'єднайте вилку від електричної розетки, перш ніж переміщувати пристрій або діставати отриманий продукт і сітки.

Не використовуйте під час очищення дві чи більше сіток одночасно. Пристрій призначений для очищення однієї охолодженої сітки за один цикл (проходження однієї сітки через дві пари валів).

3. Основні вузли та агрегати пристрою



1 – набір зубчастих передач; 2 – нижня та верхня пара валів, виступи яких входять один в один; 3 – електричний мотор; 4 – отвір для вставляння сіток з прополісом; 5 – вихідний отвір; 6 – електричний кабель ; 7 – вимикач; 8 – захисна камера; 9 – відсік для кабелю живлення; 10 – металевий каркас.



1 – направляюча для сіток; 2 – ручки для виймання направляючої; 3 – фіксатор направляючої; 4 – отвір для фіксації направляючої.

4. Отримання очищеного продукті

Дотримуйтесь послідовності дій, описаних нижче, для вашої безпеки та належного використання пристрою:

5. Спочатку вимкніть пристрій і вийміть вилку з електричної розетки.
6. Підніміть пристрій над корзиною, тримаючи його за ручку.
7. Перемістіть основну частину пристрою вперед та розмістіть її на стійкій міцній поверхні.
8. Дістаньте очищені сітки.
9. Висипайте очищений прополіс з сіток в чистий контейнер для подальшого зберігання та транспортування.
10. Вийміть направляючу з пристрою та переконайтеся, що вали пристрою не потребують очищення від прополісу, який може прилипнути до елементів валів.
11. Розмістіть направляючу в її гніздо та закріпіть її.
12. Перемістіть пристрій над корзиною та переконайтеся, що він правильно розміщений.
13. Ввімкніть пристрій у розетку.
14. Використовуючи вимикачі на корпусі пристрою, введіть його в робочий стан та продовжуйте очищати сітки.

5. Обслуговування та ремонт пристрою

Пристрій не потребує особливого обслуговування. Зберігайте пристрій у чохлі, щоб уникнути потрапляння пилу та бруду на вали та подальшої забруднення продукту.

Час від часу, за необхідності, очищуйте вали від залишків прополісу, який може накопичуватися. Для цього використовуйте металеву щітку, обережно обертаючи вали у зворотному напрямку.

Важливо! Не намагайтесь очищувати вали пристроєм під час їх роботи, оскільки це може призвести до травм і поломки редуктора пристрою.

Важливо! Не дозволяйте дітям та особам, які не можуть об'єктивно оцінити свої дії, користуватися пристроєм.

Ремонт пристрою у разі його поломки довіряйте спеціалістам високого профілю, які спеціалізуються у сфері поломок, яка відноситься до даного пристрою. Не намагайтесь самостійно відремонтувати пристрій, якщо у вас немає достатніх знань та досвіду в ремонті механічного обладнання.

Деталі, які вийшли з ладу, слід замінити на аналогічні, що мають таку ж якість і виготовлені з тих самих матеріалів, що і автентичні. Не модифікуйте пристрій, використовуючи інші деталі або силові установки, оскільки це може призвести до негативних наслідків для оператора.

Додаток Д. Результати статистичної обробки досліджень накопичення прополісу у різних типах колекторів

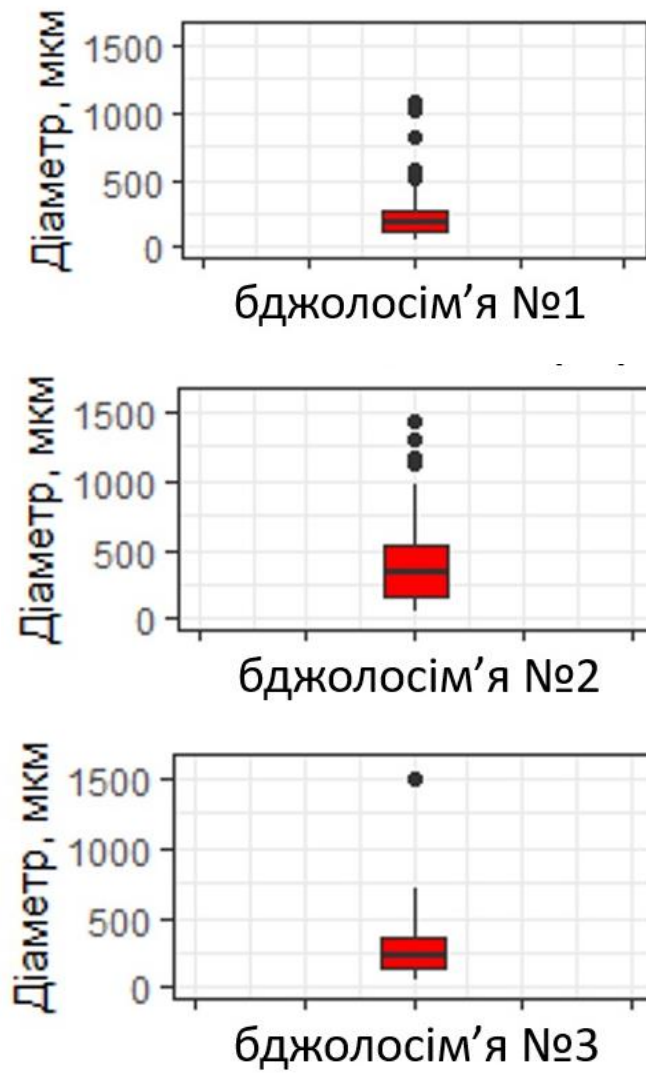


Рис. Д1. Колектор Тип 1(Т1)

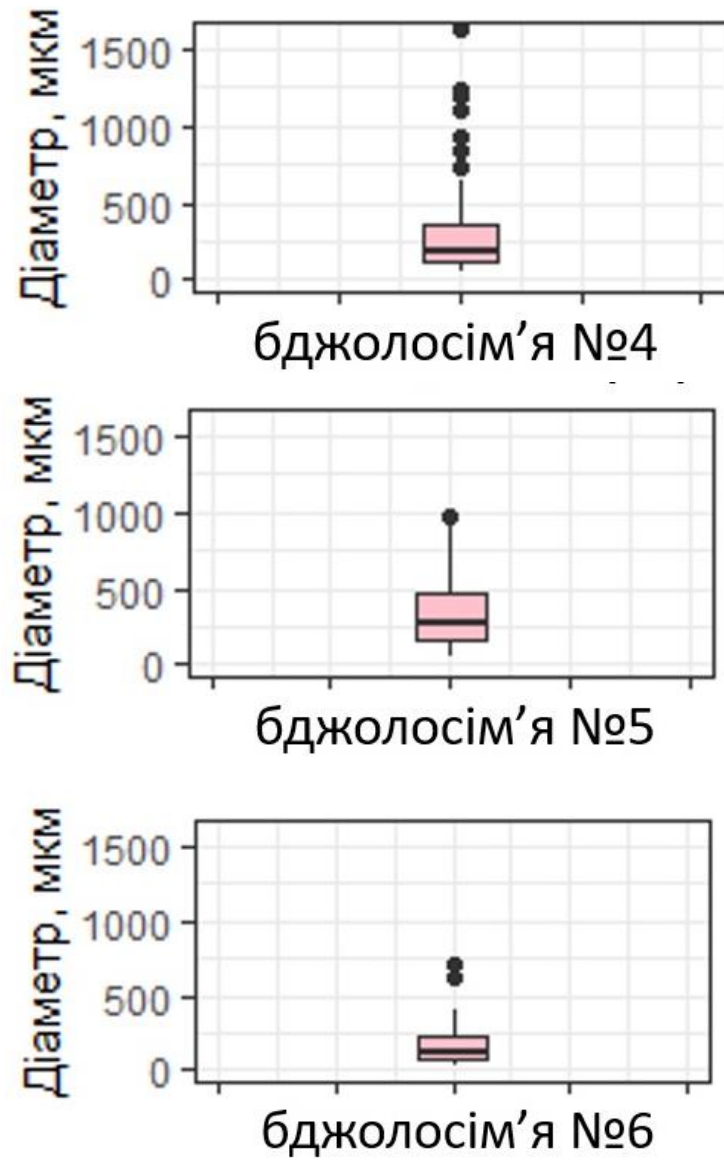


Рис. Д2. Колектор Тип 2(Т2)

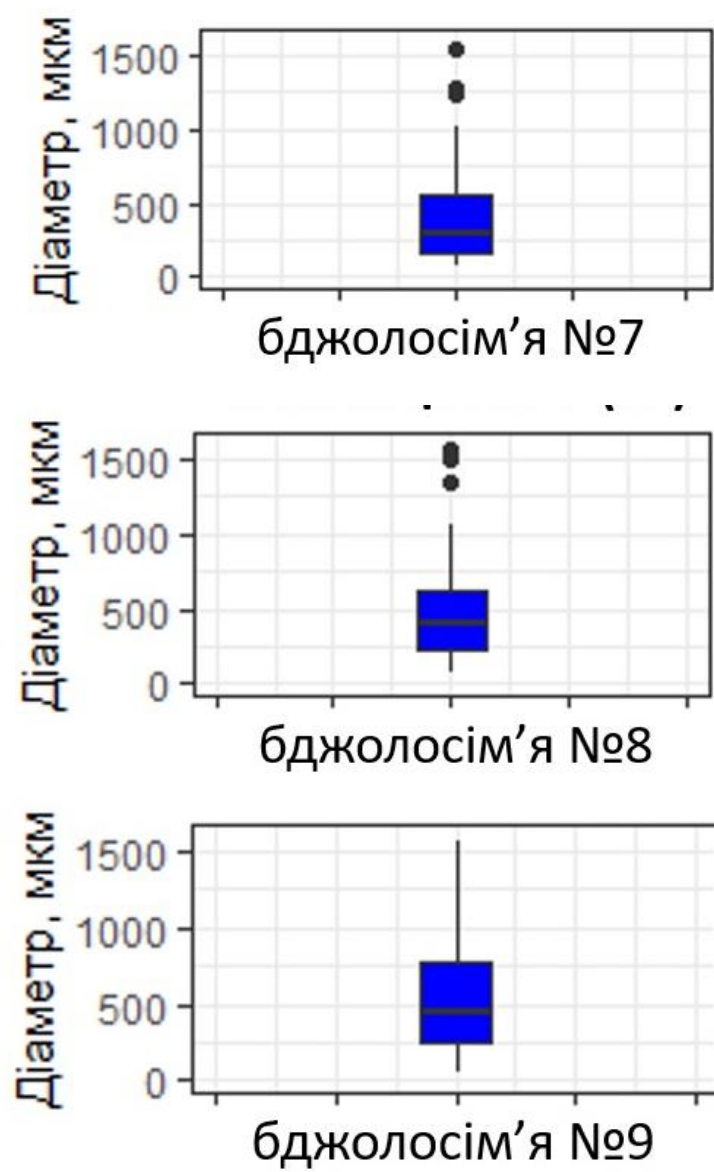


Рис. Д2. Колектор Тип 2(T2)

Додаток Е. Довідки про впровадження



ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО "СИЛА ПРИРОДИ"

ЄДРПОУ 43442816, Полтавська область, с. Гуньки, вул. Лісова 24

Тел. 38-067-88-234-88, e-mail distr.company@gmail.comВих. № *2* від «5» вересня 2023 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Двикалюка Романа Мар'яновича за темою:
**«НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ
 ТА ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ»**

Довідка засвідчує, що матеріали дисертаційного дослідження Двикалюка Романа Мар'яновича були впроваджені ФГ «СИЛА ПРИРОДИ» (Код ЄДРПОУ 43442816) у технологію виробництва прополісу.

У 2022-2023 роках на базі наших виробничих потужностей було практично відпрацьовано процес отримання прополісу та очищення засобів його збору з використанням запропонованого автором пристрою. Отримані результати показали високу ефективність технологічних процесів та якість отриманого продукту. Доведено, що розроблений пристрій дозволяє додатково отримувати $18,07 \pm 1,62$ г прополісу з бджолиної сім'ї у нашому регіоні (Полтавська область). Завдяки новому обладнанню, було отримано гранульований прополіс, який не потребує додаткової термічної обробки для подальшого використання. Застосування технології запропонованої Р. М. Двикалюком значно покращує санітарно-гігієнічні умови виробництва прополісу, дозволяє уникати можливої контамінації мікроорганізмами.

В результаті впровадження нової технології та обладнання у виробництво прополісу відзначаємо високу економічну доцільність виробництва через автоматизацію та інтенсифікацію процесів накопичення прополісу на засобах збору з їх подальшим очищенням. Це створює передумови для подальшого використання запропонованих технічних рішень у ФГ «СИЛА ПРИРОДИ» з метою збільшення обсягів отриманого продукту.

Директор



Марія Мосейчук



Спеціалізоване підприємство з виробництва продуктів бджільництва
Адреса виробничих потужностей: Київ-02091, вул. Ревуцького 13-Б

Вих. № 4/10 від 25.10.2023 р.

За місцем вимоги

ДОВІДКА

за результатами впровадження дисертаційного дослідження
Двикалюка Романа Мар'яновича за темою: «**Науково-технічне
забезпечення процесу та обладнання виробництва прополісу**»

ТОВ «АППРОДУКТ» (код ЄДРПОУ 30180024) є виробником оздоровчих продуктів харчування із вмістом прополісу, як біологічно цінної сировини. Підприємство працює на ринку України з 1999 року. На підприємстві впроваджено систему управління безпекою харчових продуктів стосовно виробництва та оптової торгівлі харчовими та дієтичними добавками. Тож відсутність належної технології отримання прополісу високої якості створювало додаткові затрати та знижувало економічну ефективність виробництва.

Засвідчуємо, що матеріали дисертаційного дослідження Двикалюка Романа Мар'яновича були впроваджені у технологію виробництва прополісу на ТОВ «АППРОДУКТ». Зокрема, у рецептурах оздоровчих продуктів використовується прополіс одержаний технологією та з використанням розробленого обладнання, що запропоновані автором.

Застосування удосконаленої технології прополісу у виробництві є пріоритетом і основою для ведення належної бджільницької практики та дотримання принципів безпеки харчових продуктів. Впровадження результатів дисертаційного дослідження сприяє підвищенню рентабельності виробництва та дозволяє отримувати сировину покращеної якості.

Директор



Андрій Волинець

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
 «КИЇВОБЛБДЖОЛОПРОМ»
 ЄДРПОУ № 00699916

UA68305299000026005000107741, ПАТ "ПРИВАТБАНК",
 08150 м.Боярка вул.Кібенка, 78

№ 3 від «12» листопада 2023 р.

ДОВІДКА

за результатами впровадження дисертаційного дослідження
Двикалюка Романа Мар'яновича за темою:
 «НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА
 ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОПОЛІСУ»

ТОВ «КИЇВОБЛБДЖОЛОПРОМ» є виробником продуктів бджільництва та обладнання для галузі. Брак належної технології отримання високоякісного прополісу створює додаткові витрати та погіршує економічну ефективність виробництва. Існуючі технології отримання прополісу є трудомісткими та малоефективними.

Дисертаційне дослідження Романа Мар'яновича Двикалюка здійснює важливий внесок у покращення технології виробництва прополісу на нашому підприємстві. Так, у 2023 році було успішно випробувано процес отримання та очищення прополісу за допомогою нового пристрою, який запропонований автором. Запропоноване обладнання може бути інтегроване у технологію виробництва спеціальних харчових продуктів на основі, або у складі з прополісом, що підкреслює практичну цінність результатів.

Вважаємо, що впровадження у технологію прополісу результатів дисертаційного дослідження Р.М. Двикалюка сприяє зростанню економічної ефективності виробництва, зниженню собівартості прополісу та покращення його якості, розширює перелік напрямів його застосування у наших технологіях, зокрема у запатентованій та всесвітньо відомій прополісній вошині

Директор
 ТОВ «КИЇВОБЛБДЖОЛОПРОМ»



ВАЛЕРІЙ Домбровський

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**Статті у наукових фахових виданнях України**

1. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. Development of a propolis collecting device. *Animal Science and Food Technology*. 2021. Vol. 12. No. 3. P. 76–88. *(Здобувачем запропоновано конструктивну особливість пристрою, виготовлено першу та другу дослідну моделі, проведено їх випробування, описано результати, сформовано висновки).*

2. **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. *(Здобувачем проаналізовано основні міжнародні та національні нормативно-правові акти з безпеки та якості прополісу, проведено їх порівняння, визначено основні критерії оцінювання прополісу, сформовано висновки).*

3. Dvykaliuk R. Exploring the composition of propolis as a subject of processing into food products. *Technology Audit and Production Reserves*. 2023. Vol. 3. No. 3 (71). P. 35–40.

4. Dvykaliuk R. Testing of the collecting propolis device on the bee farms in different regions of Ukraine. *Scientific Works of National University of Food Technologies*. 2023. Vol. 29. Iss. 2. P. 85–100.

Стаття в іншому виданні

5. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L., Pylypko K. Propolis Drops as Evidence for Dilution of Propolis by Honey Bees? *Bee World*. 2022. Vol. 99. Iss. 4. P. 110–116. *(Здобувачем запропоновано конструкцію колекторів для збору прополісу, сплановано і організовано дослід, проведено опис результатів дослідження).*

6. **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. *(Здобувачем проаналізовано та систематизовано наукову інформацію щодо використання прополісу у харчовій промисловості).*

Патенти України на корисну модель

7. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Пристрій для збору прополісу: патент України на корисну модель 139736: МПК А01К59/00. № u201910696; заявлено 29.10.2019; опубліковано 10.01.2020. Бюл. № 1. 4 с. *(Здобувачем розроблено дослідні моделі та сконструйовано новий пристрій для очищення сіток у загальній технології одержання прополісу, проведено випробування, підготовлено патентну заявку).*

8. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Колектор для одержання прополісу від бджолиних сімей: патент України на корисну модель 139422: МПК А01К47/02. № u201905134; заявлено 14.05.2019; опубліковано 10.01.2020. Бюл. № 1. 4 с. *(Здобувачем розроблено дослідні моделі та сконструйовано новий пристрій для збору прополісу від бджолиних сімей у загальній технології одержання прополісу, проведено випробування, підготовлено патентну заявку).*

Патент України на промисловий зразок

9. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Елемент збірної вала пристрою для збору прополісу: патент України на промисловий зразок 41137: МКПЗ: 08-08. № s201902482; заявлено 22.11.2019; опубліковано 25.02.2020. Бюл. № 4. 6 с. *(Здобувачем запропоновано збірний вал пристрою, що одночасно забезпечує згинання та втягування сіток).*

Тези наукових доповідей

10. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Досвід отримання прополісу в країнах Південної Америки. Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Житомир, 16–17 травня 2019 року: тези доповіді. Житомир, 2019. С. 77–80. *(Здобувачем здійснено аналіз провідних міжнародних технологій отримання прополісу, систематизовано наукову інформацію, сформульовано висновки).*

11. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Теоретичні аспекти походження прополісу. Теорія і практика розвитку вівчарства України в умовах

евроінтеграції: Міжнародна науково-практична конференція, м. Дніпро, 23–24 травня 2019 року: тези доповіді. Дніпро, 2019. С. 98. *(Здобувачем проаналізовано світові теоретичні концепції походження прополісу, систематизовано наукову інформацію, сформульовано висновки).*

12. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. World trends and technologies for propolis production. Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life: 4th International Scientific Conference, Nitra, 11–13 September 2019: theses of the report. Nitra, 2019. P. 25. *(Здобувачем проаналізовано основні світові технології отримання прополісу, визначено їх недоліки та переваги, систематизовано наукову інформацію за технологічними підходами, сформовано висновки).*

13. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Пристрій для збору прополісу. Наукові і технологічні виклики тваринництва у ХХІ столітті: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 90-річчю від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка УААН і РААН Г. О. Богданова, м. Київ, 12–14 березня 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 35–37. *(Здобувачем представлено результати досліджень з розробки пристрою для механізації виробництва прополісу, сформовано висновки та пропозиції виробництву).*

14. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О. Device for propolis collection. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: ІХ Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, присвячена 122-й річниці заснування Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 9–10 квітня 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 39–42. *(Здобувачем описано результати випробування розробленого пристрою для механізації виробництва прополісу, сформовано висновки та пропозиції виробництву).*

15. **Двикалюк Р.М.**, Адамчук Л. О. Перспективи використання екстрактів прополісу у виробництві пакувальних матеріалів для дитячого харчування. Здорове харчування дітей в Україні – запорука майбутнього нації: стан

і перспективи: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 29 вересня 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 75. *(Здобувачем проаналізовано наукову інформацію щодо досвіду та перспектив використання прополісу у харчовій промисловості, систематизовано наукову інформацію та сформульовано висновки).*

16. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О., Черник М. І. Основні чинники які впливають на якість прополісу. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: X Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, присвячена пам'яті завідувача кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК, доктора технічних наук, професора Сухенка Юрія Григоровича, м. Київ, 23–22 квітня 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 66–67. *(Здобувачем проаналізовано та систематизовано наукову інформацію щодо чинників котрі впливають на якість прополісу як харчової сировини, сформовано висновки).*

17. **Двикалюк Р. М.**, Адамчук Л. О., Бріндза Я. Місце прополісу у трендах пакувальних матеріалів. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: X Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 23–22 квітня 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 151–152. *(Здобувачем проаналізовано наукову інформацію щодо перспектив використання прополісу у складі пакувальних матеріалів харчових продуктів, сформовано висновки та пропозиції виробництву).*

18. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л. Розробка пристрою для одержання прополісу високої якості. Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 20 серпня 2021 року: тези доповіді. Київ, 2021. С. 46–47. *(Здобувачем розроблено схему дослідів, проведено випробування та сконструйовано пристрій для механізації виробництва прополісу, сформовано висновки та пропозиції виробництву).*

19. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. Overview of types (kinds) of propolis collected by *Apis mellifera*. Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development: 5th International Scientific Conference, Nitra, 3rd November 2021: theses of the report. Nitra, 2021. P. 45. *(Здобувачем здійснено огляд наукової інформації, виокремлено проблему щодо невідповідності назв типів прополісу у різних наукових джерелах, сформовано висновки).*

20. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. New approach to defining the type (kind) of propolis. Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development: 5th International Scientific Conference, Nitra, 3rd November 2021: theses of the report. Nitra, 2021. P. 44. *(Здобувачем здійснено огляд наукової інформації, запропоновано нові підходи до визначення та класифікації типів прополісу в світі, сформовано висновки).*

21. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л., Хлебо Р. Світове виробництво прополісу. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XI Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 6–7 квітня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 23–24. *(Здобувачем проаналізовано та узагальнено наукову інформацію щодо перспектив використання прополісу у харчовій промисловості, сформовано висновки).*

22. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л., Севин С. Стандартизація прополісу в Україні. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: XI Міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 6–7 квітня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 22–21. *(Здобувачем проаналізовано вимоги національних нормативних документів до безпечності та якості прополісу, проаналізовано невідповідності, сформовано висновки).*

23. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л., Волошина В. Способи приготування прополісу для використання в апітерапії. Сучасні аспекти збереження здоров'я людини: Міжнародна науково-практична конференція, м. Ужгород, 8–9 квітня

2022 року: тези доповіді. Ужгород, 2022. С. 95–97. *(Здобувачем проаналізовано наукову інформацію зі способів первинної та глибокої переробки прополісу, як інгредієнту біологічно активних добавок, сформовано висновки).*

24. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л. Огляд технічних засобів збору прополісу та дослідження його фізичних властивостей. Сучасне бджільництво: проблеми – досвід – нові технології: Науково-практична конференція з міжнародною участю, м. Київ, 18 серпня 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 20–24. *(Здобувачем проаналізовано наукову інформацію щодо основних засобів збору прополісу, систематизовано їх недоліки, сформульовано висновки та перспективи подальших досліджень).*

25. **Двикалюк Р.**, Адамчук Л. Нові чинники впливу на прополісну продуктивність бджолиних сімей. Прогнози та перспективи наукових відкриттів в аграрних науках і продовольства: Міжнародна наукова конференція, м. Рига, 30–31 серпня 2022 року: тези доповіді. Рига, 2022. С. 85–87. *(Здобувачем розроблено схему досліджень, вперше досліджено етологію бджіл підчас накопичення прополісу у пристроях та сформовано гіпотезу щодо покриття розрідженим прополісом засобів його збору, обґрунтовано висновки).*

26. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. New propolis collecting device. International Apicultural Congress: 47th Apimondia, Istanbul, 24–28 August 2022: poster presentations. Istanbul, 2022. P. 164. *(Здобувачем розроблено та сконструйовано новий пристрій для очищення сіток у загальній технології одержання прополісу, проведено випробування, підготовлено матеріал для презентації).*

27. **Dvykaliuk R.**, Adamchuk L. Innovations in honey bee ethology during propolis harvesting. International Apicultural Congress: 48th Apimondia, Chile, 4th–8th September 2023: poster presentations. Chile, 2023. P. 150. *(Здобувачем досліджено етологію бджіл підчас збору прополісу, систематизовано інформацію, сформульовано висновки та перспективи подальших досліджень).*