

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

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**НІКІТІНА ЛЕСЯ МИКОЛАЇВНА**

УДК 638.15:614.9:536.6-022.532

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**Гігієнічна оцінка меду та воску за застосування наночасток церію  
діоксиду бджолиним сім'ям**

212 – «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело \_\_\_\_\_ Л.М. Нікітіна

Науковий керівник:

**Засєкін Дмитро Адамович,**

доктор ветеринарних наук, професор

Київ – 2024

## АНОТАЦІЯ

**Нікітіна Л.М. Гігієнічна оцінка меду та воску за застосування наночастинок церію діоксиду бджолиним сім'ям – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття освітньо-наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2024.

Роль корисних комах таких як бджола медоносна у забезпеченні єдиного здоров'я, що включає в себе здоров'я людини, тварини і навколишнього середовища, важко переоцінити. Медоносні бджоли як запилювачі відіграють важливу роль не лише у здоров'ї екосистем, але й забезпечують продуктивність ентомофільних рослин, що визначають продовольчу безпеку держави.

Останнім часом виникла проблема втрати популяції бджіл не лише в Україні, а й у всьому світі, що потребує дослідження причин масової загибелі бджіл та розробки заходів, направлених на збереження їх чисельності. Західна медоносна бджола *Apis mellifera* поширена майже у всьому світі і вона є основним носієм значної кількості патогенів, які спричиняють значні економічні збитки через погіршення якості і безпечності продуктів бджільництва. Вирішення цього питання можливе шляхом дослідження причин масової загибелі бджіл та розробки заходів профілактики їх хвороб. Нині одними з перспективних препаратів, які можуть бути використані для профілактики хвороб і зниження загибелі бджолиних сімей, є засоби, виготовлені на основі нанотехнологій, зокрема наноцерію діоксид, який володіє антиоксидантною, імуностимулюючою і регенеративною активністю.

Дисертаційна робота присвячена санітарно-гігієнічній оцінці застосування наноцерію діоксиду для підгодівлі бджіл як засобу профілактики захворювань та збільшення тривалості їх життя, забезпечення якості і збагачення продуктів бджільництва біологічно активними елементами, зокрема церієм.

У дослідженнях зроблено комплексну оцінку якості монофлорного липового меду на основі визначення його органолептичних, фізико-хімічних показників, пилкового аналізу та встановлення відповідності вимогам нормативних документів. Всього досліджено 78 проб меду з різних регіонів України. За органолептичними показниками мед з липи характеризується своєрідним ніжним ароматом квітів липи, переважно має колір від світло-жовтого до білого відтінків, консистенцію залежно від пори року (сиропоподібна, щільна, дуже щільна). За цими показниками від 66 до 100 % представлених проб відповідали типовим показникам липового меду.

Визначення масової частки води у меді з вмістом пилкових зерен липи понад 30 % показало, що вона не перевищувала 20 % і коливалась у межах від 16,7 до 19,6 %. Діастазна активність меду з вмістом пилкових зерен липи знаходилася в широких межах – від 10,1 до 45,8 од. Готе.

Вміст редукуючих цукрів у меді характеризує його зрілість та якість і може бути одним із показників ботанічного походження. У всіх сортах меду вміст сахарози не повинен перевищувати 5,0%. Одержані дані показали, що вміст редукуючих цукрів у досліджуваних пробах липового меду коливався від 81,7 до 87,7 %, а сахарози від 2,8 до 3,9 %.

Нашими дослідженнями встановлено, що електропровідність липового меду його коливалась від 0,305 Мс/см до 1,102 Мс/см, яка в окремих пробах перевищувала нормативну величину, що пов'язано з особливостями його мінерального складу, ботанічним і географічним походженням. У середньому у монофлорному липовому меді за наявності пилкових зерен липи 30 % і більше середня електропровідність знаходилася в діапазоні рекомендованих нормативних значень.

Фізико-хімічний аналіз проб меду з вмістом пилкових зерен липи менше 30 % показав, що вони відповідали чинним нормативним вимогам за вмістом води, діастазною активністю, масовою часткою редукованих цукрів, сахарози та електропровідністю.

Отримані результати досліджень свідчать, що вміст проліну в пробах меду коливався від 239,0 мг/кг до 471,0 мг/кг. У липовому меді з вмістом пилоквих зерен більше 30 % середній вміст проліну був на 24,5 % нижчий порівняно з медом в якому вміст пилоквих зерен складав менше 30 %.

Співвідношення кількості фруктози до глюкози у липовому меді коливалося від 0,88 до 1,28. При цьому співвідношення фруктози до глюкози у пробах меду з вмістом пилку липи менше 30 % коливалося від 0,88 до 1,1, а в пробах меду з вмістом пилоквих зерен липи понад 30 % – від 1,1 до 1,28. При цьому вірогідної різниці між пробами меду з різним вмістом пилоквих зерен липи не було виявлено.

Аналіз видового вмісту пилоквих зерен у досліджуваному меді показав, що вміст пилоквих зерен липи в цих пробах коливався в діапазоні від 3,0 до 89,0 %. У 10 пробах липового меду містився пилок рослин родини бобових (6,2 – 29 %) таких як: конюшина (*Trifolium spp.*), вика мишачий горох (*Vicia cracca*) та буркун білий (*Melilotus albus*).

Доведено, що за вмісту пилоквих зерен від 30 до 89 % діастазне число липового меду знаходилося майже на одному рівні, а при зменшенні кількості пилоквих зерен до 15 % активність діастази була вищою на 36,6 % порівняно з аналогічним показником у меді з вмістом пилоквих зерен липи 30 %, що може бути пов'язано з надходженням у мед ферментів з інших медоносів, пилок яких був виявлений та ідентифікований.

Встановлено, що отримані нами показники якості монофлорного липового меду відповідають вимогам національного стандарту меду та чинним вимогам ЄС, а вміст домінуючого пилку липи має бути не нижче 30 %.

У роботі наведено результати експериментальних досліджень з визначення біологічної дії наноцерію діоксиду в організмі бджіл за перорального та контактного введення. Наноцерію діоксид застосовували протягом 24 год як підгодівлю бджолиних сімей у складі 50 % цукрового сиропу в концентраціях 58 мМ; 29 мМ; 5,8 мМ; 2,9 мМ двократно з інтервалом 7 діб.

Поверхню тіла бджіл обробляли водними розчинами наночерію діоксиду у відповідних концентраціях з дрібнодисперсного обприскувача також двократно. Встановлено, що наночерію діоксид у всіх досліджених концентраціях не проявляв гострої токсичної дії, однак у концентраціях 58 мМ; 29 мМ та 5,8 мМ прискорював відмирання бджіл до 30 % за згодовування і до 40 % – за обробки поверхні їх тіла. Чіткої закономірності між швидкістю відмирання бджіл залежно від дози наночерію діоксиду не виявлено. Встановлено, що розчин наночерію діоксиду в концентрації 2,9 мМ подовжував життя бджіл в 1,5 раза порівняно з контрольною групою, що свідчить про його біостимулюючий ефект на організм бджіл.

З метою оздоровлення бджолиних сімей в природних умовах експериментально підтверджена оптимальна концентрація наночерію діоксиду в цукровому сиропі, яка становить 2,9 мМ. З'ясовано, що згодовування бджолам цукрового сиропу з добавкою наночерію діоксиду та обробка розплоду і поверхні тіла бджіл водним розчином цього препарату в концентрації 2,9 мМ зменшували ураження бджолиних сімей мішечкуватим розплодом до середнього ступеня (10–50 личинок на стільник), порівняно із високим (понад 50 личинок на стільник) показником контрольної групи. Ефективним оздоровчим заходом виявилось створення у хворих сім'ях безрозплідного періоду на термін виведення нових маток (28–35 днів).

Результати дослідю, проведеного за природних умов з визначення впливу згодовування з цукровим сиропом добавки наночерію діоксиду в концентрації 0,05% на стан зимівлі бджолиних сімей, оцінені за кількістю підмору в дослідних бджолиних сім'ях, свідчать про його позитивний вплив на життєздатність бджіл.

Встановлено, що кількість загиблих бджіл у дослідних бджолиних сім'ях за згодовування з цукровим сиропом добавки наночерію діоксиду в концентрації 0,05 % практично не відрізнялась від такого в контролі, де сім'ї отримували чистий цукровий сироп. Отже, згодовування бджолам разом з

цукровим сиропом наноцерію діоксиду в концентрації 0,05 % не проявляло токсичного впливу на бджолині сім'ї під час зимівлі.

Спостереження за дослідними бджолиними сім'ями у весняно-літній період їх утримання показало, що прояв мішечкуватого розплоду в бджолиних сім'ях дослідної і контрольної груп спостерігався в сильному ступені відразу після закінчення квітування весняних нектароносів (початок червня – після квітування акації білої). Тобто нанорозмірний діоксид церію не мав противірусного пролонгованого ефекту, навіть за умови підкріплення дії препаратів тривалим (1,5–2,5 місяці) зимовим безрозплідним періодом.

Підгодівля бджолиних сімей липовим медом з добавкою наноцерію діоксиду суттєво не впливала на масову частку води, вміст проліну і діастазну активність меду, які знаходились у межах нормативних величин для натурального меду.

За підгодівлі бджіл липовим медом з добавкою наноцерію діоксиду виявлено збільшення вмісту церію в їх тілі в 6,2 раза і зниження вмісту магнію на 13,8% та селену на 14,5% порівняно з аналогічним показником у бджіл контрольної групи.

Використання липового меду з добавкою наноцерію діоксиду для підгодівлі бджолиних сімей сприяло збільшенню вмісту церію у меді бджолиному у 8,6 раза за стабільного вмісту магнію, цинку та селену порівняно з аналогічними показниками у бджіл контрольної групи.

Згодовування бджолиним сім'ям липового меду з добавкою наноцерію діоксиду практично не впливало на вміст магнію, цинку і селену, але сприяло збільшенню вмісту церію в 1,9 раза у воску порівняно з контролем. Отримані дані свідчать про сильний ступінь залежності концентрації церію у воску від його вмісту в тілі бджіл ( $r=0,77$ ). Лінія регресії показує, що між вмістом церію у тілі бджіл і воску існує прямий лінійний зв'язок.

Вміст церію у воску, який виробляють бджоли під впливом згодовування меду з добавкою наноцерію діоксиду, найбільше залежить від його вмісту в тілі бджіл, тоді як залежність вмісту церію у воску від його вмісту у меді, а

також у меді від його вмісту у тілі бджіл значно нижча. Церій за його надходження з липовим медом у вигляді наноцерію діоксиду в організм бджіл засвоюється і накопичується в тілі бджіл, меді і воску і не впливає на якість меду.

Згодовування бджолиним сім'ям цукрового сиропу з добавкою наноцерію діоксиду сприяло збільшенню вмісту церію у тілі бджіл у 3,8 раза за одночасного зниження вмісту селену на 24,1% порівняно з контролем.

Підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду не впливала на вміст магнію, цинку і селену, але збільшувала вміст церію у 19,1 раза в меді порівняно з контролем. Між вмістом церію у тілі бджіл і меді у випадку його надходження з цукровим сиропом існує сильна пряма кореляційна залежність ( $r=0,92$ ).

Підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду суттєво не вплинула на вміст магнію і цинку, але сприяла збільшенню вмісту церію в 1,5 раза та селену в 1,9 раза у воску порівняно з даними бджолиних сімей контрольної групи.

Наноцерію діоксид за згодовування бджолиним сім'ям у складі липового меду чи цукрового сиропу не проявляє суттєвого впливу на якість меду, а також вміст магнію, цинку та селену в продуктах бджільництва.

Виявлено сильний кореляційний зв'язок між вмістом церію у тілі бджіл і продуктах бджільництва, величина якого залежить від виду підгодівлі бджолиних сімей. Встановлено відмінності між засвоєнням і накопиченням церію, магнію, цинку і селену в тілі бджіл, меді і воску залежно від виду підгодівлі і сезону квітування ентомофільних рослин.

На основі експериментальних досліджень доведено, що підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду сприяє накопиченню церію у тілі бджіл і продуктах бджільництва таких як мед і віск.

**Ключові слова:** *Apis mellifera*, наноцерію діоксид, токсичність, мед, віск, вірус мішечкуватого розплоду.

## ANNOTATION

**Nikitina L.M. Hygienic evaluation of honey and wax after the application of cerium dioxide nanoparticles to bee colonies** – Qualification Scientific Work as a Manuscript. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Veterinary Hygiene, Sanitation, and Expertise. National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Kyiv, 2024.

The role of beneficial insects such as honeybees in ensuring overall health, encompassing human, animal, and environmental well-being, is immensely significant. Honeybees, as pollinators, play a crucial role not only in ecosystem health but also in ensuring the productivity of entomophilic plants, determining a nation's food security.

Recently, a problem has arisen concerning the decline of bee populations in Ukraine and worldwide, necessitating the investigation of the reasons behind massive bee mortality and the development of measures to preserve their numbers.

The Western honeybee, *Apis mellifera*, is widespread globally and serves as a primary carrier of numerous pathogens that cause significant economic losses due to the deterioration of beekeeping product quality and safety. Addressing this issue is achievable through the exploration of the reasons for mass bee mortality and the development of preventive measures against their diseases.

Currently, among the promising preparations that could be utilized for disease prevention and reduction of bee colony losses are products based on nanotechnology, particularly nanocerium dioxide, possessing antioxidant, immunostimulatory, and regenerative properties.

The dissertation work is dedicated to the sanitary and hygienic assessment of applying cerium dioxide nanoparticles for feeding bees as a means of preventing diseases and increasing their lifespan, ensuring the quality and enrichment of beekeeping products with biologically active elements, particularly cerium.

The research involved a comprehensive evaluation of monofloral linden honey quality by determining its organoleptic, and physicochemical indicators, pollen



analysis, and confirming compliance with regulatory documents. A total of 78 honey samples from various regions of Ukraine were investigated. According to organoleptic indicators, linden honey is characterized by a unique delicate aroma of linden flowers, predominantly ranging in color from light yellow to white shades, and consistency depending on the season (liquid, viscous, highly viscous, dense). According to these indicators, 66 to 100 % of the presented samples met the typical characteristics of linden honey.

Determining the moisture content in honey with linden pollen over 30% showed that it did not exceed 20 % and ranged from 16.7 to 19.6 %. The diastase activity of honey with linden pollen varied widely, from 10.1 to 45.8 Goethe units.

The content of reducing sugars in honey characterizes its maturity, and quality, and may serve as an indicator of botanical origin. In all honey varieties, the sucrose content should not exceed 5.0 %. The obtained data indicated that the content of reducing sugars in the examined samples of linden honey ranged from 81.7 to 87.7 %, while sucrose ranged from 2.8 to 3.9 %.

Our research revealed that during the analysis of linden honey samples, their electrical conductivity varied from 0.305 mS/cm to 1.102 mS/cm, which in individual samples exceeded the standard values. This variation was associated with the peculiarities of its mineral composition, botanical, and geographical origin. On average, in monofloral linden honey with linden pollen content of 30 % or more, the average electrical conductivity was within the recommended normative values.

The physicochemical analysis of honey samples with less than 30% linden pollen content showed compliance with the current regulatory requirements for water content, diastase activity, mass fraction of reducing sugars, sucrose, and electrical conductivity.

The obtained research results indicate that the proline content in honey samples ranged from 239.0 mg/kg to 471.0 mg/kg. In linden honey with a pollen content exceeding 30 %, the average proline content was 24.5 % lower compared to honey with less than 30 % pollen content.

The ratio of fructose to glucose in linden honey ranged from 0.88 to 1.28. The ratio of fructose to glucose in honey samples with less than 30 % linden pollen content ranged from 0.88 to 1.1, while in samples with a pollen content of over 30%, it ranged from 1.1 to 1.28. Notably, a significant difference between the honey samples with different linden pollen content was not observed.

The analysis of the specific pollen content in the investigated honey samples revealed that the linden pollen content ranged from 3.0 % to 89.0 %. Among 10 samples of linden honey, pollen from leguminous plants (6.2 % – 29 %) such as clover (*Trifolium spp.*), tufted vetch (*Vicia cracca*), and white sweet clover (*Melilotus albus*) were present.

It has been established that for samples with pollen content ranging from 30 % to 89 %, the diastase number of linden honey was nearly consistent. However, when the pollen content decreased to 15 %, the diastase activity was 36.6 % higher compared to the same indicator in honey with 30 % pollen content. This variation might be associated with enzymes entering the honey from other nectar sources, the pollen of which was identified and recognized.

The quality parameters obtained in our research for monofloral linden honey correspond to the requirements of the national honey standard and the current EU regulations, with the dominant linden pollen content being no less than 30%.

The work presents the results of experimental research to determine the biological effects of cerium dioxide nanoparticles in the body of bees through oral and contact administration. Cerium dioxide nanoparticles were applied as feed for bee colonies in 50% sugar syrup concentrations of 58 mM, 29 mM, 5.8 mM, and 2.9 mM for 24 hours with an interval of 7 days.

The bee's body surface was treated with aqueous solutions of cerium dioxide nanoparticles using a fine spray applicator, also administered twice. It was established that cerium dioxide nanoparticles in all tested concentrations did not exhibit acute toxic effects. However, concentrations of 58 mM, 29 mM, and 5.8 mM accelerated bee mortality by up to 30 % when administered orally and up to 40 %

when treating their body surface. There was no clear correlation between the rate of bee mortality and the dosage of cerium dioxide nanoparticles.

Further findings showed that a solution of cerium dioxide nanoparticles at a concentration of 2.9 mM extended the life of bees by 1.5 times compared to the control group, indicating its bio-stimulating effect on bee organisms.

For the purpose of improving bee colonies in natural conditions, the optimal concentration of cerium dioxide nanoparticles in sugar syrup was experimentally confirmed to be 2.9 mM. It was found that feeding bees with sugar syrup containing this additive and treating bee brood and body surface with a water solution of this preparation at a concentration of 2.9 mM reduced the damage to bee colonies by sacbrood disease to a moderate level (10-50 larvae per cell), compared to the high level (over 50 larvae per cell) observed in the control group.

A beneficial intervention involved creating a sterile period in affected colonies for the duration required for new queens to emerge (28-35 days). Results from the study conducted under natural conditions, determining the impact of feeding sugar syrup supplemented with 0.05 % cerium dioxide nanoparticles on the wintering state of bee colonies, as evaluated by the quantity of dead brood in experimental bee colonies, indicate its positive influence on bee viability.

It was established that the quantity of deceased bees in the experimental bee colonies fed sugar syrup supplemented with 0.05 % cerium dioxide nanoparticles practically did not differ from the control group, where colonies received pure sugar syrup. Thus, feeding bees with sugar syrup supplemented with 0.05 % cerium dioxide nanoparticles did not exhibit a toxic effect on bee colonies during the winter period.

During the observation of experimental bee colonies in the spring-summer period, the appearance of sacbrood disease in bee colonies of both the experimental and control groups was noted to a strong extent immediately after the end of blooming of spring nectar-bearing plants (early June – after the blossoming of white acacia). This indicates that the nanosized cerium dioxide did not have a prolonged

antiviral effect, even with the provision of treatments during the extended (1.5-2.5 months) winter sterile period.

Feeding bee colonies with linden honey supplemented with cerium dioxide nanoparticles did not significantly affect the moisture content, proline content, and diastase activity of honey, which remained within the standard values for natural honey.

When bees were fed with linden honey containing cerium dioxide, there was a 6.2-fold increase in cerium content in their bodies and a decrease of magnesium by 13.8 % and selenium by 14.5 %, compared to the respective values in the bees of the control group.

The utilization of linden honey with cerium dioxide supplementation for feeding bee colonies resulted in an 8.6-fold increase in cerium content in the bee's honey while maintaining stable levels of magnesium, zinc, and selenium compared to the control bees.

Feeding bee colonies with linden honey containing cerium dioxide practically did not affect the magnesium, zinc, and selenium content but led to a 1.9-fold increase in cerium content in the beeswax compared to the control. The obtained data indicate a strong correlation between the concentration of cerium in beeswax and its content in the bee's body ( $r=0.77$ ). The regression line shows a direct linear relationship between the cerium content in the bee's body and beeswax. The concentration of cerium in beeswax, influenced by feeding honey with cerium dioxide, is more dependent on its content in the bee's body, while the relationship between the cerium content in beeswax and its content in honey, as well as the content in honey depending on its content in the bee's body, is considerably lower. Cerium, received by bees through linden honey in the form of cerium dioxide nanoparticles, is absorbed and accumulated in the bodies of bees, honey, and beeswax, without affecting the quality of honey.

Dosing bee colonies with sugar syrup supplemented with cerium dioxide resulted in a 3.8-fold increase in cerium content in the bees' bodies along with a simultaneous decrease in selenium content by 24.1 % compared to the control.

Feeding bee colonies with sugar syrup supplemented with cerium dioxide did not affect the levels of magnesium, zinc, and selenium but increased the cerium content in the honey by 19.1 times compared to the control. There was a strong direct correlation ( $r=0.92$ ) between the cerium content in the bees' bodies and honey in the case of its supplementation through sugar syrup.

Feeding bee colonies with sugar syrup supplemented with cerium dioxide did not significantly affect the magnesium and zinc content but increased the cerium content by 1.5 times and selenium by 1.9 times in beeswax compared to the control group.

The application of cerium dioxide through feeding bee colonies within linden honey or sugar syrup did not significantly influence the quality of honey or the content of magnesium, zinc, and selenium in beekeeping products.

A strong correlation was found between the cerium content in the bees' bodies and beekeeping products, the magnitude of which depended on the type of bee feeding. Differences were observed in the assimilation and accumulation of cerium, magnesium, zinc, and selenium in the bodies of bees, honey, and beeswax depending on the feeding method and the flowering season of entomophilous plants.

Based on experimental research, it was demonstrated that feeding bee colonies with sugar syrup supplemented with cerium dioxide facilitates the accumulation of cerium in the bodies of bees and beekeeping products such as honey and beeswax.

Dosing bee colonies with sugar syrup supplemented with cerium dioxide resulted in a 3.8-fold increase in cerium content in the bees' bodies along with a simultaneous decrease in selenium content by 24.1 % compared to the control. Feeding bee colonies with sugar syrup supplemented with cerium dioxide did not affect the levels of magnesium, zinc, and selenium but increased the cerium content in the honey by 19.1 times compared to the control. There was a strong direct correlation ( $r=0.92$ ) between the cerium content in the bees' bodies and honey in the case of its supplementation through sugar syrup.

Feeding bee colonies with sugar syrup supplemented with cerium dioxide did not significantly affect the magnesium and zinc content but increased the cerium

content by 1.5 times and selenium by 1.9 times in beeswax compared to the control group.

The application of cerium dioxide through feeding bee colonies within linden honey or sugar syrup did not significantly influence the quality of honey or the content of magnesium, zinc, and selenium in beekeeping products.

A strong correlation was found between the cerium content in the bees' bodies and beekeeping products, the magnitude of which depended on the type of bee feeding. Differences were observed in the assimilation and accumulation of cerium, magnesium, zinc, and selenium in the bodies of bees, honey, and beeswax depending on the feeding method and the flowering season of entomophilous plants.

Based on experimental research, it was demonstrated that feeding bee colonies with sugar syrup supplemented with cerium dioxide facilitates the accumulation of cerium in the bodies of bees and beekeeping products such as honey and beeswax.

**Key words:** *Apis mellifera*, nanoceria dioxide, toxicity, honey, beeswax, sacbrood virus.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection

1. Lazarijeva, L., Akymenko, L., Postoienko, H., Postoienko, V., **Nikitina, L.**, Zasiiekin, D., Razanov, S., Nedosekov, V., Amons, S., Razanova, A., & Symochko, L. (2023). Specific quality indicators of monofloral linden honey. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 13(1), 161-168 <https://doi.org/10.31407/ijeess13.1> (VoS). *(Nikitina L. проведено аналіз літературних та нормативних даних, систематизовано результати досліджень, визначено мету, актуальність та практичне значення результатів досліджень. Lazarijeva L. розроблено критерії оцінки якості монофлорного липового меду на основі визначення його органолептичних, фізико-хімічних показників, пилкового аналізу, встановлено відповідність вимогам стандартів якості. Akymenko L. зроблено аналіз та порівнянні отриманих результатів аналізу якості липового меду з різних регіонів України. Postoienko H. зроблено аналіз якості липового меду. Postoienko V. проведено організацію дослідження органолептичних, фізико-хімічних показників липового меду. Zasiiekin D. розроблено програму дослідження і зроблено інтерпретацію отриманих результатів. Razanov S. зроблено аналіз і ідентифікацію пилкових зерен липового меду. Nedosekov V. здійснено узагальнення отриманих результатів, підготовлено висновки. Amons S. зроблено оформлення ілюстративного матеріалу до статті. Razanova A. виконано статистичну обробку отриманих результатів дослідження липового меду. Symochko L. сформульовано наукову новизну, узгоджено вимоги до оформлення статті з редколегією журналу).*

### Статті у наукових фахових виданнях України

2. **Нікітіна, Л. М.**, Засєкін, Д. А., Жолобак, Н. М., Постоєнко, В. О., Єфіменко, Т. М., & Односум, Г. В. (2022). Біологічна ефективність колоїдного (нанорозмірного) діоксиду церію у бджіл *Apis mellifera*. *Вісник ПДАА*, 4, 148–157. doi:10.31210/visnyk2022.04.18 *(Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу наноцерію на виживання бджіл, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено статтю до друку. Засєкін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Жолобак Н.М. розробила програму дослідження, визначила ефективні дози препарату. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу. Єфіменко Т.М. здійснила оцінку виживання бджіл за обробки наноцерієм*

- діоксидом, зробила статистичну обробку даних. Односум Г.В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів).
3. Постоєнко, В. О., **Нікітіна, Л. М.**, Жолобак, Н. М., Засекін, Д. А., Єфіменко, Т. М., Односум, Г. В., & Постоєнко, Г. В. (2023). Вплив пробіотики «апінормін» та наноцерію на показники тривалості життя бджіл у лабораторних умовах. Бджільництво України, 1(9), 92-98. doi:10.46913/beekeepingjournal.2022.9.13 (*Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу наноцерію на тривалість життя бджіл, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено статтю до друку. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу. Жолобак Н.М. розробила програму дослідження, визначила ефективні дози апінорміну та наноцерію для бджіл. Засекін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних щодо застосування наноцерію діоксиду бджолам та їх інтерпретацію. Єфіменко Т.М. здійснила оцінку виживання бджіл за обробки апінорміном, зробила статистичну обробку даних. Односум Г.В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів. Постоєнко Г.В. проведено дослід з вивчення впливу апінорміну на тривалість життя бджіл).*
  4. Єфіменко, Т. М., Односум, Г. В., Постоєнко, Г. В., **Нікітіна, Л. М.**, & Воробій, О. А. (2023). Визначення пролонгованої дії пробіотики «апінормін» і діоксиду церію на стан зимівлі бджолиних сімей і літній прояв у них мішечкуватого розплоду. Бджільництво України, (10), 21-26. doi:10.46913/beekeepingjournal.2022.10.03 (*Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу діоксиду церію на стан зимівлі бджолиних сімей і літній прояв мішечкуватого розплоду, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено статтю до друку. Єфіменко Т. М. здійснила оцінку пролонгованої дії апінорміну на бджіл, зробила статистичну обробку даних. Односум Г. В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів. Постоєнко Г. В. проведено дослід з вивчення пролонгованого впливу апінорміну на стан зимівлі бджіл. Воробій О. А. проведено дослід з вивчення пролонгованого впливу апінорміну на літній прояв мішечкуватого розплоду бджіл).*
  5. Лазарева, Л. М., Акименко, Л. І., Постоєнко, В. О., & **Нікітіна, Л. М.** (2023). Залежність показників якості меду з липи від складу пилкових зерен. Бджільництво України, (11), 57-69. doi:10.46913/beekeepingjournal.2023.11.08 (*Нікітіною Л.М. проведено аналіз літературних та нормативних даних, систематизовано результати досліджень, визначено мету, актуальність та практичне значення результатів досліджень. Акименко Л.І. розроблено критерії оцінки якості меду з урахуванням складу пилкових зерен, визначення його органолептичних, фізико-хімічних показників, сформульовано наукову новизну, узгоджено вимоги до оформлення статті з редколегією журналу.*



*Постоєнком В.О. здійснено організацію дослідження органолептичних, фізико-хімічних показників липового меду).*

6. **Нікітіна, Л.М., & Засєкін, Д.А.** (2024). Мінеральний склад тіла бджіл і продуктів бджільництва за підгодівлі наноцерію діоксидом. Наукові доповіді НУБіП України, 1/107. 1-11. doi:10.31548/dopovidi.1(107).2024.019 *(Нікітіною Л.М виконано дослідження мінерального складу тіла бджіл та меду та воску, зроблено аналіз отриманих результатів. Засєкіним Д.А. проведено аналіз літературних та нормативних даних, визначено актуальність, систематизовано результати досліджень, сформульовано наукову новизну, підготовлено статтю до друку відповідно до вимог видання).*

#### Тези наукових доповідей

7. **Нікітіна, Л. М., Жолобак, Н. М., Постоєнко, В. О., Єфіменко, Т. М., Односум, Г. В., Воробій, О. А., Коваленко, І. А., & Тлуста Ю. П.** (2021). Вплив колоїдного (нанорозмірного) церію діоксиду на природне відмирання бджіл. Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології: матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю (20 серпня 2021 р.), Київ: ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», 20–23. *(Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу наноцерію на природне відмирання бджіл, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Жолобак Н.М. здійснила аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу. Єфіменко Т.М. здійснила оцінку природного відмирання бджіл за обробки наноцерієм діоксидом. Односум Г.В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів. Воробій О.А. визначила ефективні дози наноцерію діоксиду для бджіл. Коваленко І.А. виконано статистичну обробку даних. Тлустою Ю.П. сформульовано висновки та погоджено їх зміст з співавторами).*
8. **Никитина, Л., Жолобак, Н., Постоєнко, В., Єфіменко, Т., & Односум, А.** (2021). Динамика естественной гибели пчёл (*Apis mellifera L.*) при условии контактного или перорального введения коллоидного (наноразмерного) церия диоксида ( $\text{CeO}_2$ ). Scientific Collection «InterConf»: Experimental and theoretical research in modern science (November 4-5, 2021). Kishinev, Moldova, (83). 225-232. <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/15776> *(Никитина Л. провела дослід з вивчення контактного та перорального впливу наноцерію на природне відмирання бджіл, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до*

друку. Жолобак Н. здійснила аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Постоєнко В. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу. Єфіменко Т. здійснила оцінку природного відмирання бджіл за контактної та пероральної обробки наноцерієм діоксидом. Односум Г.В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів).

9. **Нікітіна, Л.М.,** Засекін, Д.А., & Постоєнко, В.О. (2022). Перспективи застосування церію оксиду ( $\text{CeO}_2$ ) у бджільництві «Єдине здоров'я – 2022». Матеріали Міжнародної наукової конференції 22-24 вересня 2022 р. НУБіП України, м. Київ. 202-203. (Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення ефективності застосування наноцерію діоксиду на стан бджолиних сімей, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Засекін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу).
10. **Нікітіна, Л. М.,** Постоєнко, В. О., Засекін, Д.А., Жолобак, Н. М., Єфіменко, Т. М., & Односум, Г. В., (2022). Вплив згодовування колоїдного (нанорозмірного) діоксиду церію на зимівлю бджіл. «Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології». Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю (18 серпня 2022 р.), Київ: ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», 48–51. (Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу діоксиду церію на стан зимівлі бджолиних сімей і прояв мішечкуватого розплоду, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Постоєнком В. О. здійснено організацію проведення дослід з вивчення впливу наноцерію діоксиду на стан зимівлі бджіл. Засекін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Жолобак Н.М. зроблено аналіз і підбір ефективних доз наноцерію діоксиду для бджіл. Єфіменко Т. М. зробила статистичну обробку даних. Односум Г. В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів).
11. **Нікітіна, Л.М.,** Засекін, Д.А., & Постоєнко, В.О. (2023). Використання наночастинок діоксиду церію для профілактики інфекційних захворювань бджіл. «Бджільництво України: виклики військового часу та міжнародний досвід». Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю 18 серпня 2023 р. Київ: ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» 28-30. (Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення ефективності застосування наноцерію діоксиду на прояв мішечкуватого розплоду бджолиних сімей, підготовлено тези до друку. Засекін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу).

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	20
ВСТУП.....	21
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	27
1.1. Санітарно-гігієнічні вимоги до меду натурального.....	27
1.2. Профілактика інфекційних захворювань бджіл.....	35
1.3. Наносполуки та ефективність їх застосування у бджільництві	42
1.4. Заключення з огляду літературних джерел.....	48
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
2.1. Схема і умови досліджень.....	51
2.2. Методи досліджень.....	56
2.2.1. Визначення показників якості меду.....	56
2.2.2. Оцінка стану зимівлі бджолиних сім.....	57
2.2.3. Визначення ступеня ураження бджолиних сімей мішечкуватим розплодом.....	57
2.2.4. Дослідження мінерального складу тіла бджіл та продуктів бджільництва.....	57
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	59
3.1. Якість липового меду.....	59
3.2. Токсичність препарату наноцерію для бджіл за контактного та перорального застосування (в садках).....	66
3.3. Застосування наноцерію діоксиду для профілактики захворювань бджіл в умовах пасіки.....	71
3.4. Вплив наноцерію діоксиду на якість продуктів бджільництва.	74
3.4.1. Вплив підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду на якість продуктів бджільництва.	74

3.4.2. Вплив підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду на якість продуктів бджільництва.....	83
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	92
ВИСНОВКИ .....	113
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	115
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	116
ДОДАТКИ.....	139

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ**

ДСТУ – Державний стандарт України

КУО – колонієутворююча одиниця

нано- $\text{CeO}_2$  – наноцерію діоксид

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Медоносні бджоли відіграють важливу роль у забезпеченні єдиного здоров'я, яке включає в себе здоров'я людини, тварин і навколишнього середовища. Вони є невід'ємною частиною функціонування екосистем і єдиними запилювачами, які забезпечують 35% світового виробництва харчових продуктів [29]. Крім цього, бджоли виробляють мед, прополіс, маточне молочко, пергу, отруту та віск з унікальним складом, які традиційно використовуються для харчування, профілактики та лікування людини і тварин, а також є сировиною для багатьох галузей промисловості. Серед них найбільшим попитом користується мед, який характеризується специфічним і змінним хімічним складом, що визначається його географічним і ботанічним походженням, умовами навколишнього середовища, а також технологією обробки [6, 169].

За даними останніх досліджень близько 40% безхребетних запилювачів ентомофільних рослин знаходяться під загрозою зникнення, і навіть керовані колонії медоносних бджіл вимирають високими темпами протягом останніх кількох десятиліть [91]. Постійне погіршення здоров'я запилювачів ставить під загрозу глобальну продовольчу безпеку та економічну стабільність в усьому світі. Загибель колоній медоносних бджіл є складним явищем, яке можна пояснити багатьма біотичними та абіотичними факторами, зокрема патогенами бактеріальної і вірусної природи та паразитами, що потребує пошуку ефективних заходів, направлених на профілактику зараження та захворювання бджолиних сімей, а також зміцнення їх здоров'я [134, 163, 164]. При цьому серед ефективних засобів, здатних впливати на тривалість життя бджіл і продуктивність бджолиних сімей є сполуки, отримані на основі нанобіотехнологій [161], зокрема церію діоксид.

Унікальною властивістю наночастинок діоксиду церію є здатність регенерувати свої відновні властивості в біологічному середовищі, проявляючи віруліцидну дію. Крім цього, діоксид церію ефективний як

профілактичний засіб при радіотерапії онкологічних захворювань людини, сприяє білоксинтетичній функції печінки, впливає на синтез колагену і стимулює відновлення функціональної активності репродуктивної системи [77, 160].

Нині особливої уваги заслуговує вивчення впливу наночерію діоксиду на організм бджіл, стан бджолиних сімей, якість і безпечність продуктів бджільництва з метою профілактики хвороб і подовження терміну їх продуктивного використання [134].

Дослідження впливу наночерію діоксиду на стан бджолиних сімей, тривалість життя бджіл, якість і безпечність продуктів бджільництва дасть змогу встановити ефективну дозу, а також спосіб і тривалість застосування з метою профілактики захворювань бджолиних сімей та збагачення продуктів бджільництва біологічно активним елементом таким як черій.

**Зв'язок роботи з науковими програмами.** Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані на базі кафедри ветеринарної гігієни імені професора А. К. Скороходька Національного університету біоресурсів і природокористування України як частина наукової теми: «Санітарно-гігієнічні заходи забезпечення здоров'я тварин у господарствах України різних форм власності», № держреєстрації 0116U001299 (2016–2024 рр.), а також спільно з ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича» в рамках державної теми: «Розробка методів оцінки якості монофлорних медів № держреєстрації 0121U108509 (2021–2023 рр.).

**Мета та завдання дослідження.** Мета дисертаційного дослідження – експериментальне обґрунтування застосування наночастинок черію діоксиду для профілактики захворювань бджіл на основі визначення його токсичності та впливу на стан сім'ї, а також якість та безпечність продуктів бджільництва.

Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення таких завдань:

- визначити якість липового меду як компонента підгодівлі бджолиних сімей;

- дослідити токсичність наноцерію діоксиду в лабораторних та природних умовах за перорального та контактного застосування, а також встановити оптимальну дозу для бджіл;
- встановити ефективність застосування наноцерію діоксиду для профілактики мішечкуватого розплоду бджіл під час зимівлі;
- з'ясувати вплив підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду на якість меду, мінеральний склад тіла бджіл, меду та воску;
- визначити вплив підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду на якість меду, мінеральний склад тіла бджіл, меду та воску.

*Об'єкт дослідження* – наноцерію діоксид, бджолині сім'ї, продукти бджільництва.

*Предмет дослідження* – вплив наноцерію діоксиду на якість та безпечність продуктів бджільництва та стан бджолиних сімей за мішечкуватого розплоду бджіл.

**Методи досліджень** – гігієнічні (умови утримання), клінічні (стан бджолиних сімей), хімічні (хімічний склад меду), фізико-хімічні (мінеральний склад меду, воску і тіла бджіл з використанням методу оптико-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою) та статистичні (статистична обробка результатів досліджень, кореляційний та регресійний аналіз).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Визначено показники якості монофлорного липового меду з різним вмістом пилкових зерен на основі аналізу його органолептичних, фізико-хімічних показників та пилкового аналізу. Доведено обернену залежність вмісту проліну і діастазної активності від кількості пилкових зерен липи в меді.

Вперше встановлено ефективність застосування наноцерію діоксиду для підгодівлі і обробки поверхні тіла бджіл. Доведено відсутність гострої токсичної дії на організм бджіл наноцерію діоксиду в дозах від 2,9 до 58 мМ і прискорення відмирання бджіл в дозах від 5,8 до 58 мМ до 30 % за



згодовування і до 40 % – за обробки поверхні їх тіла. Наноцерію діоксид в концентрації 2,9 мМ сприяє подовженню тривалості життя бджіл в 1,5 раза, а також зменшенню ураження бджолиних сімей мішечкуватим розплодом до середнього ступеня.

Вперше з'ясовано, що нанорозмірний діоксид церію не володіє протівірусним пролонгованим ефектом за мішечкуватого розплоду бджіл під час зимівлі бджолиних сімей.

Вперше доведено відсутність впливу підгодівлі бджолиних сімей липовим медом чи цукровим сиропом з добавкою наноцерію на показники якості меду. За підгодівлі бджіл липовим медом з добавкою наноцерію діоксиду виявлено збільшення вмісту церію в тілі бджіл в 6,2 раза, у меді бджолиному – у 8,6 раза та у воску – в 1,9 раза. Отримані дані свідчать про сильний ступінь залежності концентрації церію у воску від його вмісту в тілі бджіл за підгодівлі медом з добавкою наноцерію діоксиду ( $r=0,77$ ).

Згодовування бджолиним сім'ям цукрового сиропу з добавкою наноцерію діоксиду сприяло збільшенню вмісту церію у тілі бджіл в 3,8 раза в меді – у 19,1 раза та у воску – в 1,5 раза. Між вмістом церію у тілі бджіл і меді у випадку його надходження з цукровим сиропом існує сильна пряма кореляційна залежність ( $r=0,92$ ).

Встановлено відмінності між засвоєнням і накопиченням церію, магнію, цинку і селену в тілі бджіл, меді і воску залежно від виду підгодівлі і сезону квітування ентомофільних рослин.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати досліджень можуть бути використані для обґрунтування використання наноцерію діоксиду для підгодівлі бджолиних сімей під час виробництва продуктів бджільництва.

Доведено відсутність гострої токсичної дії на організм бджіл наноцерію діоксиду та встановлено ефективну дозу, яка становить 2,9 мМ і здатна подовжувати тривалість життя бджіл в 1,5 раза, а також зменшувати ураження бджолиних сімей мішечкуватим розплодом до середнього ступеня (10–50

личинок на стільник). Застосування препарату наноцерію діоксиду для підгодівлі бджолиних сімей з метою профілактики мішечкуватого розплоду необхідно поєднувати з комплексом санітарних заходів, направлених на попередження поширення вірусу горизонтальним та вертикальним шляхами.

Підгодівля бджолиних сімей медом чи цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду в дозі 0,05% забезпечує збільшення накопичення церію в тілі бджіл, меді бджолиному і воску і не впливає на якість меду.

Результати досліджень можуть бути основою розробки технології виробництва продуктів бджільництва збагачених церієм та обґрунтування їх застосування для стабілізації системи антиоксидантного стану людини за різних патологічних станів.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем сформульовано робочі гіпотези та зроблено аналіз фахової літератури, опановано необхідні методики досліджень, організовано і виконано комплекс експериментальних досліджень щодо вивчення токсичності наноцерію діоксиду для бджіл, а також його впливу на перебіг мішечкуватого розплоду, якість та мінеральний склад продуктів бджільництва. Автором дисертації зроблено статистичну обробку отриманих даних, підготовлено наукові статті до друку. Аналіз і обговорення результатів досліджень, формулювання висновків і пропозицій виробництву, а також підготовка матеріалів до публікації у наукових виданнях зроблені разом з науковим керівником.

**Апробація результатів дослідження дисертації.** Результати досліджень дисертаційної роботи були представлені на: Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології», ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ, 20 серпня 2021 р.; Scientific Collection «InterConf»: Experimental and theoretical research in modern science. Kishinev, Moldova, November 4-5, 2021; Міжнародній науковій конференції «Єдине здоров'я – 2022», НУБіП України, м. Київ. 22-24 вересня 2022 р.; Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові

технології», ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ, 18 серпня 2022 р.; Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Бджільництво України: виклики військового часу та міжнародний досвід», ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», м. Київ, 18 серпня 2023 р.

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 11 наукових праць з яких 5 статей у фахових виданнях України включених до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття у зарубіжному виданні включеному до міжнародних наукометричних баз даних та 5 тез доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотацій, вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, результатів досліджень, аналізу та узагальнення результатів досліджень, висновків і пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 148 сторінках, робота ілюстрована 18 таблицями і 17 рисунками. Список використаної літератури нараховує 169 джерел, з них 158 латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1. Санітарно-гігієнічні вимоги до меду натурального

Мед – це натуральна солодка речовина, яка виробляється бджолами *Apis mellifera* шляхом сполучення з власними особливими речовинами нектару рослин або секретії живих частин рослин чи виділень комах, що смокчуть рослинний сік на живих частинах рослин, які збирають бджоли, з подальшим відкладенням, зневодненням, зберіганням для дозрівання у стільниках [36, 165]. Серед медоносних бджіл європейська медоносна бджола *Apis mellifera* та східна медоносна бджола *Apis cerana* є двома домінуючими видами для виробництва меду [136].

Згідно чинних вимог мед поділяють за походженням на нектарний (квітковий) та падевий, за способом виробництва: стільниковий мед, стільники в меду, злитий мед, центрифужний (екстрагований) мед та пресований мед. За вмістом пилоквих зерен мед є монофлорний квітковий (нектарний) та мед поліфлорний квітковий (нектарний) [150]. Мед поліфлорний квітковий (нектарний) – це мед, який містить пилкові зерна кількох видів рослин у кількості менше ніж 30 % для всіх видів меду, а для меду із акації та липи – менше ніж 20 %; падевий мед – мед, отриманий переважно з виділень комах (*Hemiptera*), що смокчуть сік живих частин рослин або із секретів живих частин рослини.

За способом виробництва мед класифікують на пресований мед – мед, отриманий шляхом пресування стільників, що не містять бджолиного розплоду, із застосуванням помірного нагріву не більше ніж до 45 °C або без нього; стільниковий мед – мед, який бджоли зберігають у комірках стільників, що не містять розплоду або вощини, виготовленої лише з бджолиного воску, і який продають у запечатаних цільних стільниках або частинах таких стільників; центрифужний (екстрагований) мед – мед, отриманий шляхом

центрифугування розпечатаних стільників, які не містять бджолиного розплоду.

Мед повинен відповідати таким характеристикам та критеріям [165]:

- складатися з вуглеводів, переважно із фруктози й глюкози, а також інших речовин, таких як органічні кислоти, ензими (ферменти), пилокві зерна, що потрапляють у процесі переробки бджолами нектару (паді) на мед;
- колір повинен бути від прозорого (безкольорового), білого, світло-жовтого до темно-коричневого;
- консистенція може бути рідкою, в'язкою, дуже в'язкою, щільною;
- кристалізація – від дрібно- до крупнозернистої;
- смак солодкий, ніжний, приємний, терпкий, подразнює слизову оболонку ротової порожнини, без сторонніх присмаків;
- аромат специфічний, приємний, слабкий, сильний, ніжний, без сторонніх запахів.

Смак та аромат меду варіюють, але зумовлені рослинним походженням залежно від виду рослини.

Директива [36] встановлює європейські вимоги до стандартів якості та маркування меду. Зокрема за хімічним складом вміст фруктози та глюкози у меді квітковому повинен бути не менше 60 г/100 г, у падевому меді, суміші падевого та квіткового медів – не менше 45 г/100 г, а вміст сахарози в медах допускається не більше 5 г/100 г. У медах з акації білої (*Robinia pseudoacacia*), люцерни посівної (*Medicago sativa*), банксії мензієсії (*Banksia menziesii*), французької жимолості (*Hedysarum*), австралійського евкаліпту (*Eucalyptus camadulensis*), евкрифії блискучої (*Eucryphia lucida*, *Eucryphia milliganii*), а також цитрусових (*Citrus spp.*) вміст сахарози не повинен перевищувати 10 г/100 г, а в меді з лаванди (*Lavandula spp.*), бурачнику (огіркова трава) (*Borago officinalis*) – не більше 15 г/100 г.

Вміст вологи в меді допускається до 20 %, для вересового (*Calluna*) та меду для випікання – не більше 23 %, для меду для випікання з вересу – не

більше 25 %. Вміст нерозчинних у воді компонентів повинен не перевищувати 0,1 г/100 г, для пресованого меду – не більше 0,5 г/100 г. Вміст вільних кислот допускається не більше 50 міліеквівалентів кислоти на 1000 г меду, а для меду для випікання – не більше 80 міліеквівалентів кислоти на 1000 г. Діастизна активність меду (за шкалою Шейда), за винятком меду для випікання, повинна бути не менше 8 одиниць. Меди з низькою активністю діастази, зокрема цитрусові та з вмістом гідроксиметилфурфуролу не більше 15 мг/кг повинні мати діастазну активність не менше 3 одиниць.

Вміст гідроксиметилфурфуролу у меді, за винятком меду для випікання, допускається не більше 40 мг/кг, а в меді з регіонів із тропічним кліматом та суміші такого меду – не більше 80 мг/кг [36].

Бджолиний мед, призначений для споживання людиною, повинен бути належної якості. Для оцінки якості меду використовують загальноприйняті методики, зокрема спектрофотометричні, рефрактометричні, титрування та мелісопалінологічні [16, 69].

Бджолиний мед протягом століть використовувався і нині широко використовується як харчовий, профілактичний і лікувальний продукт [52, 130].

Протягом останніх десятиліть ефективність його використання вивчалася для лікування цілого ряду захворювань людини, зокрема онкологічних, імунологічних, хірургічних та інфекційних патологій [53, 78, 85, 90]. Враховуючи таку велику увагу вчених і спектр його застосування в різних галузях, мед повинен відповідати вимогам якості та безпеки [45, 156].

Натуральний бджолиний мед – це комплексний продукт, що містить кілька сотень сполук, що належать до різних хімічних груп [140, 147]. Крім основних компонентів, зокрема глюкози, фруктози, сахарози, води, органічних кислот, мінералів та амінокислот, бджолиний мед містить ряд поліфенольних сполук, різних барвників, вітамінів, ефірних олій та інших біологічно активних речовин.

Мед бджолиний містить близько 25 різних цукрів, зокрема ерлозу, мальтозу, сахарозу, туранозу, а також мелезитозу і рафінозу [100].

Вуглеводний склад натурального бджолиного меду може бути одним із ключових факторів у встановленні його ботанічного походження. Вміст фруктози, глюкози, сахарози, а також мальтози, туранози, ерлози, рафінози, мелезитози та ізомальтози визначають за допомогою високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) з інфрачервоним (ІЧ) детектуванням [69]. Загальний вміст глюкози і фруктози повинен бути не менше 60 г/100 г для нектарних медів, вміст сахарози не повинен перевищувати 5 г/100 г, крім акацієвого (*Robinia pseudoacacia* L.) і люцернового (*Medicago sativa* L.) медів (для них нормативна величина становить не більше 10 г/100 г), а також меду, отриманого з лаванди (*Lavandula* spp. L.) і бораго лікарського (*Borago officinalis* L.) (для яких норматив допускається не більше 15 г/100 г) [36].

Серед амінокислот найважливішою і найбільш поширеною в меді є пролін. Що стосується ферментів, то в меді присутні амілаза (діастаза), інвертаза, каталаза і глюкозооксидаза. Активність ферментів свідчить про свіжість меду, а також належні умови його нагрівання та зберігання.

Леткі сполуки як нектару, так і виділень бджіл надають запах меду. Нині ідентифіковано понад 600 летких ароматичних сполук, притаманних меду. Темний мед містить більше флавоноїдів. За зберігання меду при занадто високій температурі та в процесі тривалого нагрівання (особливо меду з низьким значенням рН) вміст гідроксиметилфурфуролу в ньому збільшується [26].

Визначення сорту меду проводять за вмістом пилку, який є унікальним для кожної рослини [104]. Мелісопалінологічний метод дає змогу визначити частку переважаючих пилових зерен у конкретному меді, на основі якої називають сорти медів, причому назва походить від ботанічної назви рослини чи їх композиції. Цей метод також дозволяє ідентифікувати фальсифікований мед [48, 116, 117]. Вважають, що монофлорний мед більше цінується на

світовому ринку завдяки своїй високій якості та оригінальним сенсорним характеристикам [97].

Для визначення географічного походження меду використовують ботаніко-географічні маркери – сполуки, характерні для окремих сортів меду. Виявлено маркери для 17 сортів меду, які були ідентифіковані за допомогою методів рідинної хроматографії з діодним детектуванням (LC-DAD) та/або газової хроматографічної мас-спектрометрії (GC-MS). Таким чином було підтверджено походження медів з Хорватії, Франції, Німеччини, Угорщини, Італії, Польщі, Румунії, України та Іспанії [121].

У процесі дозрівання мед змінює свій хімічний склад [95]. Зрілий мед має вологість нижче 18 % і концентрацію цукру вище точки насичення – він укладений у стільники [79]. Вважають, що вміст води в зрілому меді коливається в межах 14 – 21%.

Збір незрілого меду призведе до занадто високого вмісту води у ньому. Це у свою чергу є причиною швидшого бродіння в результаті розвитку мікроорганізмів, у тому числі *Zygosaccharomyces*. Вода, накопичуючись у верхніх шарах меду, викликає його розрідження з наступним піноутворенням, кислим запахом і характерним смаком. З іншого боку, дріжджі роду *Torulopsis* викликають бродіння, яке проявляється, наприклад, витіканням меду з його упаковки. Сприйнятливість меду до розвитку мікроорганізмів підвищується із збільшенням у ньому вмісту води понад 17% [155].

Ферменти, наявні в меді, включають інвертазу, амілази ( $\alpha$ - і  $\beta$ -амілази), мальтазу, фосфатази, каталазу, глюкозооксидазу,  $\beta$ -фруктофуранозиду та аскорбіноксидазу [155]. Що особливо важливо щодо ферментів, то на їх вміст у бджолиному меді впливають, серед іншого, умови зберігання (включаючи високі температури) і процес декристалізації. Один з найбільш інформативних критеріїв натуральності меду – це активність діастази, яка розщеплює крохмаль до амілодекстринів (глюкози і мальтози). Доведено, що нагрівання меду до температури понад 40°C викликає часткову або повну його інактивацію, а нагрівання до 60°C спричиняє його руйнування [6]. Діастазна



активність згідно з вимогами національного стандарту повинна бути не менше 10 для меду першого гатунку і не менше 15 одиниць Готе для меду вищого гатунку.

Органічні кислоти, наявні в бджолиному меді, визначають його смак. Серед органічних кислот найбільш поширені лимонна і глюконова, а також бурштинова, яблучна, масляна, молочна, мурашина, оцтова і піроглутамінова. Ці кислоти впливають на загальну кислотність і величину рН меду, яка становить від 3,3 до 4,6 одиниць і забезпечує його тривале зберігання. Кислотність меду також залежить від сорту сировини, сезону її вирощування, і ступеня його зрілості. Рівень кислотності поряд з вмістом води в меді – параметри, які впливають на розвиток дріжджів і плісняви в цьому продукті бджільництва [46].

Мінеральні речовини, амінокислоти та органічні кислоти (наприклад, лимонна кислота), присутні в бджолиному меді, утворюють іонні форми у водних розчинах меду, що впливає на проведення електричного струму та електропровідність. Мінеральні речовини після спалювання меду за температури 350–400 °С залишаються у вигляді золи. Визначення зольності допомагає оцінити сорт меду. На основі мінерального складу меду розроблено методи його ентомологічної ідентифікації [75].

Основні мінеральні речовини меду представлені калієм, його вміст досягає 33% усіх елементів, виявлених у меді. Також у меді виявляють барій (0,01 – 0,08 мг/100 г), бор (0,05 – 0,3 мг/100 г), хлор (0,4 – 56 мг/100 г), кобальт (0,1 – 0,35 мг/100 г), фтор (0,4 – 1,34 мг/100 г), йод (10 – 100 мг/100 г), літій (0,225 – 1,56 мг/100 г), молібден (до 0,004 мг/100 г), нікель (до 0,051 мг/100 г), рубідій (0,04 – 3,5 мг/100 г), кремній (0,05 – 24 мг/100 г), стронцій (0,04 – 0,35 мг/100 г), сірку (0,7 – 26 мг/100 г), ванадій (до 0,013 мг/100 г) та цирконій (0,05 – 0,08 мг/100 г). На мінеральний склад меду впливає його походження та регіон виробництва [121].

Визначення 14 елементів (Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb та Zn) у меді, отриманому з Польщі та різних регіонів Європи (n = 66) [61]

показало, що отримані дендрограми відрізняються залежно від сорту меду: темний (вересовий, гречаний) та світлий (ріпаковий, липовий, акацієвий та поліфлорний). Це підтвердило вищий вміст мінеральних елементів у темних медах ніж у світлих.

Вміст макро- і мікроелементів у бджолиному меді залежить від сезону року [125], зокрема виявлено сезонні зміни вмісту калію і кальцію в зимовий, весняний і осінній періоди у різних медах. Проте істотних змін у вмісті Cr, Ti, Se та Ni у медах залежно від сезону року не виявлено.

Білки в меді складають від 0,1 до 0,5% [25]. Електрофорез показав, що протеоми окремих сортів меду відрізняються між собою, що також дозволяє розрізняти сорти бджолиного меду.

До токсичних речовин, які утворюються в меді, належить 5-гідроксиметилфурфурол, який є компонентом реакції Міллара [11]. Він утворюється в меді в умовах підвищеної температури під час реакції дегідратації цукру. Ця реакція відбувається в кислому середовищі. Наявний у продажу мед повинен містити не більше 40 мг/кг гідроксиметилфурфуролу, крім пекарського та тропічного, де нормативне значення становить не більше 80 мг/кг [36].

Через поширеність захворювань, що спричиняють масову загибель бджіл, підлягає контролю наявність токсичних залишків різних сполук у натуральному бджолиному меді. Серед таких ксенобіотиків слід відзначати залишки сульфаніламідів [129]. Вони використовуються для лікування трьох основних небезпечних зоонозів медоносних бджіл: європейського гнильця, спричиненого *Melissococcus plutonius*, а також американського гнильця, спричиненого *Paenibacillus larvae* ssp. Однак наявність цих речовин у продуктах бджільництва може становити ризик для споживачів.

Пестициди є одним із факторів, відповідальних за ослаблення бджіл і підвищення смертності їх популяції [112]. Доведено, що загальна токсичність пестицидів зросла на 80 % для комах-запилювачів, наземних рослин та водних безхребетних. Таке збільшення токсичності для комах відбулося за рахунок

інсектицидів груп неонікотиноїдів та піретроїдів. Не зважаючи на те, що за останні роки їх токсичність знизилася на ссавців, зокрема людину та птахів, однак вони завдають великої шкоди корисним комахам, до яких відноситься і бджола медоносна. Це пов'язано в першу чергу з її фізіологічною подібністю до комах-шкідників аграрних культур. Обробка медоносних культур пестицидами групи інсектицидів спричиняє масову загибель бджіл, а також знижує їх життєздатність і продуктивність. Вважають, що найбільш небезпечним є пероральний вплив неонікотиноїдів на бджіл у зв'язку з низькими летальними дозами та високою ймовірністю надходження в організм через пилок, нектар і воду [44]. Неонікотиноїди найчастіше виявляються у пробах меду. Більш ліпофільні сполуки, такі як хлорорганічні та фосфорорганічні пестициди, поліциклічні ароматичні вуглеводні виявляються переважно в бджолиному воску [27].

Результати досліджень показали, що в пробах меду з 27 країн було виявлено 92 залишки пестицидів. Шість залишків належали до класу токсичності IA, вісім залишків належать до класу токсичності IB, 42 залишки належали до класу II, 35 залишків належать до класу III і один залишок належав до класу токсичності IV. Розраховані індекси небезпеки свідчать про високий потенційний ризик для здоров'я споживачів від споживання такого меду [49].

Тому багато досліджень вчених нині присвячено розробці методів виявлення токсичних речовин, зокрема пестицидів групи інсектицидів для бджіл. Розроблено метод для одночасного визначення 200 залишків пестицидів у бджолиному меді за допомогою ультраефективної рідинної хроматографії – тандемної мас-спектрометрії (UPLC-MS/MS) [111].

Широкий попит на мед серед споживачів часто спричиняє його фальсифікацію на ринку збуту, що передбачає розробку та вдосконалення методів ідентифікації та кількісного визначення фальсифікуючих компонентів [70]. Відповідно до Codex Alimentarius, споживачі мають право отримувати правдиву інформацію про харчові продукти [35]. До найбільш поширених

фальсифікуючих компонентів відносяться рисовий сироп, коричневий тростинний цукор, фруктозний сироп, інвертований цукор у концентрації від 5 до 50% [14].

Якщо вміст сахарози в меді становить більше 5%, це свідчить про його незрілість або фальсифікацію [19].

Нині Україна є одним з лідерів виробництва та експорту меду, тому перевірки на його якість і фальсифікацію приділяється значна увага [37, 86]. Найбільш поширеними в Україні є соняшниковий мед, а також гречаний, липовий та ріпаковий [149]. Встановлено, що соняшниковий мед з Вінницької, Одеської та Київської областей відповідали вимогам національного стандарту та європейського харчового законодавства і були без ознак фальсифікації. Ріпаковий мед з Вінницької, Одеської та Київської областей не містили генетично модифікованої дезоксирибонуклеїнової кислоти, що свідчить про їх безпечність для споживача [79].

Таким чином, якість і безпечність меду бджолиного підлягає суворому контролю, що передбачає профілактику захворювань бджолиних сімей з використанням безпечних для бджіл, людини і довкілля препаратів.

## **1.2. Профілактика інфекційних захворювань бджіл**

Медоносні бджоли та запилювачі в цілому відіграють важливу роль не лише у здоров'ї екосистем, але й забезпечують продуктивність ентомофільних культур аграрного виробництва. Протягом останніх десятиліть у всьому світі спостерігаються втрати популяції бджіл [1]. Вважають, що низка біотичних і абіотичних факторів, а також взаємодія між ними є причиною зменшення чисельності популяції бджіл, але остаточні причини ще не встановлені. Західна медоносна бджола *Apis mellifera* поширена майже у всьому світі і в деяких випадках вона є основним носієм значної кількості патогенів. Серед запилювачів ентомофільних рослин медоносній бджолі *Apis mellifera*

загрожують різні хвороби та екологічні стреси [67, 105], які впливають на мікробіоту кишечника, метаболізм, розвиток та напруженість імунітету.

Продуктивність сільського господарства значною мірою залежить як від диких, так і від культурних запилювачів [88]. Було підраховано, що комахи-запилювачі зробили внесок в економічну цінність рослинництва в усьому світі приблизно на 153 мільярди євро (за даними оцінки 2005 року). Проте в останні десятиліття в деяких частинах Північної Америки та Європи було зареєстровано масштабні втрати колоній медоносних бджіл [84]. Крім того, у 2006 році в США широко спостерігався особливий випадок колапсу, коли дорослі бджоли швидко зникали з колоній, залишаючи велику кількість розплоду гинути. Це явище називають розладом колапсу колонії і його точні причини залишаються неясними. Незважаючи на те, що за даними FAO глобальна кількість культурних колоній бджіл зросла приблизно на 30% з 2000 року [55], управління чисельністю популяцій медоносних бджіл не втратило своєї актуальності через підвищений тиск патогенів і стресів навколишнього середовища та зі збільшенням витрат на бджільництво.

Причини втрати колоній бджіл пояснюються багатьма можливими факторами, зокрема появою нових патогенів і шкідників, зменшенням генетичного різноманіття бджолоїної популяції, використанням пестицидів, дефіцитом корму належної якості та змін навколишнього середовища [137]. Важливі патогени та шкідники, які, як відомо, сприяють втраті колоній, включають *Paenibacillus larvae* та *Melissococcus plutonius* (збудники американського та європейського гнильців відповідно), паразитичний кліщ *Varroa destructor*, паразитичні мікроспоридії *Nosema* та декілька вірусів медоносних бджіл [101].

Медоносні бджоли, які живуть великими колоніями, схильні до швидкого поширення патогенів серед особин через високу щільність популяції та значний рівень контактів. Трофалаксія (розподіл їжі з рота в рот) вважається звичайною поведінкою, яка сприяє передачі патогенів від однієї особини до інших [106]. Наприклад, трофалаксія може бути переважаючим механізмом

горизонтальної передачі вірусу у колонії бджіл. Бджоли-годувальниці, інфіковані вірусами, можуть передати їх личинкам через трофалаксію. Такий шлях передачі підтверджується виявленням вірусів таких як вірус деформованого крила, вірус мішечкуватого розплоду та ізраїльський вірус гострого паралічу у кормі для личинок [33, 57]. Крім того, виявлення вірусів у гіпофарингеальній залозі інфікованих робочих бджіл було продемонстровано для вірусу гострого паралічу бджіл та інших вірусних захворювань, що вказує на можливий харчовий шлях передачі.

Нині серед патогенів медоносних бджіл віруси є однією з найбільших загроз для їх здоров'я та благополуччя. Віруси вперше були визначені як новий клас патогенів, що інфікують медоносних бджіл, коли на початку 20-го століття американський вчений виявив, що фільтрувальний агент із хворих личинок бджіл може спричинити хворобу медоносних бджіл.

До теперішнього часу повідомлялося про 22 віруси, що інфікують медоносних бджіл у всьому світі, головним чином віруси із родин *Dicistroviridae* та *Iflaviridae*. Вони здатні інфікувати різні стадії розвитку медоносних бджіл, включаючи яйця, личинки, лялечки та дорослих особин. Хоча вірусні захворювання бджіл зазвичай перебігають латентно та не викликають явних ознак захворювання, однак вони можуть різко вплинути на здоров'я медоносних бджіл і за певних умов скоротити життя інфікованих комах [141].

Крім того, вірусні захворювання у деяких випадках можуть спричинити серйозні або летальні захворювання окремих бджіл або розпад цілих колоній [24]. Захворювання медоносних бджіл вірусної етіології можуть ускладнюватися через несприятливі параметри навколишнього середовища, що призводить до стресів, які зазвичай діють одночасно. Нині відомо 7 вірусів, які вважаються причиною важких захворювань медоносних бджіл, що загрожують світовому бджільництву: вірус гострого паралічу бджіл, вірус чорного маточника, вірус хронічного паралічу бджіл, вірус деформованих

крил, ізраїльський вірус гострого паралічу бджіл, кашмірський вірус бджіл і вірус мішечкуватого розплоду.

Найпоширеніші віруси медоносних бджіл були віднесені до нещодавно визначеного порядку *Picornavirales*, який часто називають надродиною *Picornina-like*. Порядок *Picornavirales* включає родини *Bacillariornaviridae*, *Dicistroviridae*, *Iflaviridae*, *Labyrnaviridae*, *Marnaviridae*, *Picornaviridae* та *Secoviridae*. Усі ці віруси широко розповсюджені в усьому світі [124].

*Sacbrood virus* викликав найпоширенішу вірусну інфекцію медоносних бджіл, вперше виявлену в 1913 році в США [154]. Цей вірус може інфікувати як личинок, так і дорослих медоносних бджіл, причому личинки більш чутливі до інфекції. Дійсно, він у першу чергу вражає розплід медоносних бджіл із високою реплікацією вірусу, що викликає значні морфологічні зміни, які призводять до загибелі личинок. Інфіковані личинки невзможли залялькуватися, і екдизіальна рідина, багата частинками *Sacbrood virus*, накопичується під їхнім неперетравленим покривом, утворюючи мішок, що дало назву захворюванню. Інфіковані личинки змінюють свій колір від перлинно-білого до блідо-жовтого і відразу після загибелі висихають, утворюючи темно-коричневу луску у формі корабля [158]. У дорослих бджіл розвивається латентна інфекція, яка характеризується лише скороченням тривалості життя без відомих симптомів. Ця латентна інфекція дуже важлива для розповсюдження *Sacbrood virus*, оскільки цей вірус накопичується в ділянці голови та, особливо в гіпофарингеальних залозах інфікованих бджіл-годувальниць, які відповідають за живлення личинок через інфікований залозистий секрет. Крім того, дорослі бджоли виявляють і видаляють личинок, вражених *Sacbrood virus*, через день-два після їх загибелі, поки вірус все ще заразний. Ці дані свідчать про те, що *Sacbrood virus*, ймовірно, передається дорослим особинам при проковтуванні мертвих частин личинок, особливо екдизіальної рідини.

Виявлення *Sacbrood virus* у пилку рослин підтверджує можливу передачу вірусу від робочих бджіл іншим дорослим бджолам через кормові ресурси в

колонії. Також можливо, що *Sacbrood virus* може передаватися між колоніями під час годівлі бджіл через мед або пилок, зібраний хворими сім'ями. Ця практика використовується деякими бджолярами, щоб допомогти колоніям вижити в періоди дефіциту медоносів.

Частота зараження бджіл *Sacbrood virus* була набагато вищою навесні, коли починається період виведення і доступна велика кількість сприйнятливих личинок і молодих особин бджіл. Дійсно, протягом цього сезону багаті джерела пилку та нектару стимулюють вирощування бджолиного розплоду. Сезонні коливання інфекції *Sacbrood virus*, що спостерігаються як у дорослих бджіл, так і у лялечок, також можуть відображати зміни в навколишньому середовищі, такі як якість пилку, а також зараження кліщами бджолиних колоній [151].

Дотепер жодна хімічна терапія не була спеціально розроблена для впливу на *Sacbrood virus*. Через ризик залишків лікарських засобів у продуктах бджільництва частоту використання хімічних препаратів слід обмежити. Таким чином, запобігання та контроль мішечкуватого розплоду бджіл за допомогою управління колонією є першою стратегією, яку необхідно розглянути та довести її ефективність [21]. Наприклад, видалення зайвих стільників під час звичайного догляду для підтримки рівноваги між кількістю стільників і робочими бджолами допомагає запобігти та контролювати хвороби медоносних бджіл у цілому. Якщо захворювання вже виникло, видалення стільників, наповнених хворим розплодом, та стерилізація стільників і вуликів зменшить горизонтальну передачу вірусу в сім'ї. Зважаючи на вертикальну передачу вірусу від матки до її виводку, заміна матки на молоду та здорову або утримання матки в клітці, щоб запобігти її відкладанню яєць протягом 10–14 днів, зазвичай має суттєвий позитивний ефект на одужання колонії. Крім того, стан харчування колонії є ще одним фактором, який необхідно враховувати та вирішувати. Наприклад, опитування, проведене в Сербії, підтвердило, що рослинна добавка, що



містить вітаміни В-комплексу, значно знижує інфекційне навантаження *Sacbrood virus* на бджолину сім'ю [72].

В основі профілактики більшості інфекційних захворювань бджіл лежить їх забезпечення кормовою базою. Бджолам необхідні джерела нектару та пилю, які забезпечують їх поживними речовинами [118, 145]. Дефіцит медоносів у навколишньому середовищі спричиняє зниження сили сімей, ослаблення імунного захисту, зниження медоносної продуктивності і інтенсивності яйцекладки бджоломатки. Дефіцит корму знижує виживаність бджіл на стадії личинки, а також підвищує їх чутливість до різних захворювань інфекційної та інвазійної етіології.

Для покриття дефіциту природної кормової бази застосовується додаткова стимулююча підгодівля бджолиних сімей, яка сприяє підвищенню їх імунного захисту, життєдіяльності, збільшенню продуктивності та сили сімей [50, 146]. Крім того підгодівля бджолиних сімей біологічно активними речовинами підвищує продуктивність, інтенсивність розвитку та життєздатність бджолиних сімей [132].

Нині у бджільництві застосовують великий перелік біологічно активних компонентів та стимуляторів обміну речовин, призначених для поліпшення використання корму, а також росту бджолиних сімей [131, 142, 166], які сприяють кращій зимівлі [63], а також підвищенню їх продуктивності [7, 148].

Останнім часом значна кількість досліджень присвячена вивченню ефективності застосування пробіотичних препаратів для профілактики захворювань бджіл [40, 41, 120]. В основі механізму дії пробіотиків лежить здатність інгібувати ріст і розмноження патогенних мікроорганізмів та нормалізувати симбіотичну мікрофлору кишечника бджоли. Доведено, що використання пробіотиків у підгодівлі бджолиних сімей сприяє підвищенню їх життєздатності та поліпшує підготовку бджіл до медозбору [143, 144].

Пробіотики містять у своєму складі біфідобактерії, колібактерії, лактобактерії, а також дріжджі. Найбільш поширеними з них є групи *Bifidobacterium* та *Lactobacillus*. Вони призначені не лише для відновлення

мікробіому травного тракту, а також для антагонізму з умовно патогенними та патогенними мікроорганізмами. Основними мікроорганізмами, які формують мікробіом кишечника медоносної бджоли, є ентеробактерії, молочнокислі бактерії, стафілококи, ентерококи, псевдомонади, стрептококи а також дріжджі. Їх співвідношення і видовий склад у кишечнику бджіл залежить від місця розташування пасіки, сезону року та фізіологічного стану бджолиних сімей. Пробиотики з профілактичною метою застосовують шляхом згодовування у складі суміші для підгодівлі або обприскування бджіл [127].

Доведено, що згодовування медоносним бджолам пробіотика *L. casei* В-7280 в дозах  $1 \times 10^9$  КУО/мл і  $1 \times 10^6$  КУО/мл за умов лабораторного термостату збільшує тривалість життя на 3,7 і 4,4 % за 6 діб, на 8,6 і 12,3 % – за 19-24 діб і 6,4 і 8,6 % – за 25-30 діб досліду. Отримані дані вказують на доцільність застосування пробіотика *L. casei* В-7280 впродовж 30 діб підгодівлі бджіл для підвищення їх життєздатності [83, 163].

Ранньовесняна підгодівля бджіл цукровим сиропом з пробіотиком веталайф збільшувала кількість вирощено закритого розплоду на 31,9 %, а підгодівля цукровим сиропом з пробіотиком біосевен збільшувала цей показник на 37,1 %. На кінець весняного періоду сила бджолиних сімей була вищою у цих групах на 33,3 % і 35,9 % відповідно. Яйценосність бджолиних маток зростає за березень на 24,0 % і 29,0 %, квітень – на 39,3 % і 46,0 % і травень – на 29,7 % і 31,8 % відповідно [168].

У бджільництві рекомендують застосовувати стимулюючу підгодівлю з комплексними добавками препаратів антивір та стимовіт. Стимовіт складається з суміші квіткового пилку, екстракту часнику та глюкози і містить у своєму складі вітаміни, макро- та мікроелементи. До складу антивіру входить комбінація з амінокислот, мікроелементів, вітамінів групи С, В, А, біотину, сахарози та екстракту часнику. Вивчення впливу антивіру та стимовіту на стан бджолиних сімей показало збільшення їх сили у серпні на 8,8 % та на 10,5 % відповідно. У випадку підгодівлі бджолиних сімей стимовітом отримували на 3,3 % більше розплоду та на 4,7 % більше меду.

Бджолині сім'ї, які піддавалися обробкам антивіру та стимувіту, краще переносили зимівлю [167].

Дослідження протівірусної дії китайської лікарської трави *Radix isatidis* за мішечкуватого розплоду у личинок *A. cerana* показало значне пригнічення реплікації збудника, пом'якшило його вплив на ріст і розвиток личинок, знизило їх смертність [139].

Таким чином, в основі профілактики інфекційних захворювань бджіл, зокрема вірусної етіології, лежать заходи направлені на забезпечення бджолиних сімей достатньою кількістю і належної якості корму поряд з підгодівлею та обробкою сімей біологічно активними препаратами, призначеними для активації метаболічної та імунної систем. Однак всі перераховані заходи потребують удосконалення та розробки надійних способів профілактики інфекційних захворювань бджолиних сімей з урахуванням гарантії якості та безпечності продуктів бджільництва.

### **1.3. Наносполуки та ефективність їх застосування у бджільництві**

Забезпечення медоносних бджіл кормовою базою залежить переважно від наявності у природі нектару та пилку рослин [30]. За її дефіциту бджолині сім'ї підгодовують штучно, особливо, коли недостатня кількість, або зовсім відсутні природні квітучі рослини. Ця штучна підгодівля також може включати в себе компоненти корму, виготовлені на основі нанотехнологій, і ділиться на дві категорії: цукрова і білкова. Підгодівля цукром необхідна для виживання колоній, особливо взимку, і може бути приготовлена з використанням різних матеріалів, включаючи мед, цукор і воду [3]. Білкова підгодівля залежить від використання пилку або його альтернатив. Недостатнє забезпечення медоносних бджіл кормовими ресурсами збільшує сприйнятливність їх до хвороб [42].

Вважають перспективною підгодівлю бджіл кормами, які виготовлені у вигляді наночастинок, оскільки така підгодівля може мати кращий вплив на організм бджіл. Це може призвести до покращення здоров'я, зокрема органів травлення медоносних бджіл. Тому необхідно провести дослідження щодо використання нанотехнологій для приготування нанокормів для медоносних бджіл, особливо якщо їх змішувати зі спеціальними ліками проти патогенів кишківника або гемолімфи. Результати застосування наносполук для підгодівлі бджолиних сімей досить неоднозначні і потребують детального аналізу і поглиблених досліджень їх дії в організмі як самих бджіл, так і в продуктах бджільництва [2].

Одними з найбільш поширених наносполук, які використовуються в галузі тваринництва і ветеринарної медицини, зокрема і в бджільництві, є препарати на основі срібла. Була доведена антимікробна активність наночастинок срібла проти бактерій, виділених із бджіл, в яких виявлено американський та європейський гнильці [38].

Наносрібло у дозі 25 ppm, додане до корму для підгодівлі бджіл, показало ефективність щодо зменшення кількості спор *Nosema* в лабораторних умовах, але зменшило тривалість життя робочих бджіл [28].

Не зважаючи на те, що нині дуже мало інформації щодо ефективності використання наночастинок срібла проти вірусів медоносних бджіл, однак є інформація, що *Sacbrood virus*, який являється одноланцюговим РНК-вірусом, і здатний викликати у бджолиних колоніях по всій території Азії мішечкуватий розплід, також чутливий до наносрібла. Таким чином, іони срібла були визнані ефективними проти природної інфекції, зокрема корейського мішечкуватого розпліду, який вражає колонії *A. cerana*. У цьому дослідженні не враховувалися біонакопичення у тілі бджіл і рекомендовані концентрації залишків срібла в меді чи інших продуктах бджільництва [8].

Встановлено, що до наносполук металів, зокрема  $\text{CuO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{AgNO}_3$  та їх композицій з органічними речовинами, чутливі як грампозитивні, так і

грамнегативні бактерії, які часто є причиною захворювань колоній медоносних бджіл [12].

Медоносні бджоли (*Apis mellifera*) можуть бути піддані впливу наночастинок навколишнього середовища через числені потенційні шляхи, включаючи наночастинки рідкоземельних оксидів, які все частіше використовуються у різних галузях народного господарства та потрапляють у навколишнє середовище. Кишкові мікроорганізми відіграють ключову роль у забезпеченні здоров'я медоносних бджіл, але вплив наносполук оксидів металів на здоров'я медоносних бджіл і кишкову мікробіоту залишається вивченим недостатньо. Так, встановлено, що підгодівля медоносних бджіл протягом 12 діб пилком і сиропом сахарози, що містив 0, 1, 10, 100 і 1000 мг/кг нано-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, негативно впливала на фізіологічні процеси медоносних бджіл, що відображалось у залежних від дози побічних ефектах нано-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> щодо виживання, споживання пилку та маси тіла. Нано-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> викликав дисбактеріоз кишкових бактеріальних спільнот медоносних бджіл, збільшення чисельності патогенних мікроорганізмів, зокрема *Serratia* та *Frischella* та зміни кількості пов'язаних з травленням таксонів *Bombella*. Загалом це дослідження демонструє, що нано-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> може спричинити шкідливий вплив на здоров'я медоносних бджіл, потенційно через розлад кишкових бактеріальних спільнот [92].

Незважаючи на те, що існує небагато досліджень щодо впливу наночастинок оксидів рідкоземельних металів на здоров'я медоносних бджіл, дослідження показують, що наночастинки оксидів металів можуть негативно впливати на здоров'я медоносних бджіл через механізми, пов'язані, наприклад, з блокуванням сигналів, утворенням активних форм кисню і пошкодженням клітин [23]. Наприклад, рівень смертності *Apis mellifera* зростає із збільшенням концентрації нано-TiO<sub>2</sub>, нано-ZnO-TiO<sub>2</sub> та нано-Ag-TiO<sub>2</sub>, що свідчить про дозозалежну токсичну дію наночастинок оксидів цих металів на організм медоносної бджоли [39].

Доведено, що високі концентрації наночастинок ZnO зменшили швидкість споживання корму бджолиними сім'ями [58]. Крім того, наночастинок ZnO можуть спричинити метаболічні порушення (зниження загального рівня білка в мозку), зменшення терміну виживання та підвищення активності ацетилхолінестерази і глутатіонсинтетази у тілі бджіл. Це може свідчити про їх значний вплив на нейрональну систему бджіл [102]. Токсична дія наночастинок TiO<sub>2</sub>, ZnO-TiO<sub>2</sub> та Ag-TiO<sub>2</sub> на *Apis mellifera* посилювалася зі збільшенням концентрації та часу експозиції [113].

Сублетальні концентрації наночастинок CdO або PbO, доданих до цукрового сиропу, показали негативний вплив на гістологічну та клітинну структуру клітин середньої кишки робочих бджіл [39].

Підтверджено також, що нано-CdO та нано-PbO можуть підвищити синтез активних форм кисню і таким чином спричинити окисне пошкодження тканин і органів медоносної бджоли *Apis mellifera*, викликане вільними радикалами, що супроводжується антиоксидантними реакціями, наприклад, збільшенням інтенсивності синтезу каталази [10].

З іншого боку, прийнятні рівні срібла без ризику для людини були виявлені в стільниках і меді вуликів, покритих наносріблом [64], що свідчить про безпеку використання наноматеріалів з бджільницькими інструментами. Різні концентрації наноматеріалів ZnO не показали впливу на виживання бджіл або ферментативну активність глутатіон-S-трансферази та біомаркера нейротоксичності – ацетилхолінестерази [58].

Залишковий вміст наночастинок у продуктах бджільництва через пряме їх застосування під час вирощування рослин не були широко досліджені. Відомо, що медоносні бджоли використовуються як біоіндикатори забруднення навколишнього середовища різними контамінантами [126]. Таким чином, медоносні бджоли та продукти бджільництва також можна використовувати для моніторингу забруднення наночастинками навколишнього середовища.

Ще однією перспективною наносполукою у бджільництві є оксид церію, діоксид церію, двоокис церію ( $\text{CeO}_2$ ) – хімічна сполука церію і кисню, яка утворюється випалюванням оксалату церію чи гідроксиду церію. Ця розповсюджена і доступна за ціною речовина має унікальні окисно-відновні властивості, що визначають широке коло її застосування. Нанорозмірні частинки діоксиду церію здатні зворотно поглинати та вивільняти кисень, що робить можливим їх застосування в медицині і ветеринарії при лікуванні захворювань, пов'язаних із розвитком окиснювального стресу. Наночастки церію діоксиду (нано- $\text{CeO}_2$ ) та матеріали на їх основі широко використовуються в промислових, екологічних, біоаналітичних, біомедичних сферах. Нано- $\text{CeO}_2$  підвищує активність антимікробних препаратів та є агентом для їх доставки в клітини. Окрім того, нано- $\text{CeO}_2$  властива антивірусна, антибактеріальна та антифунгальна дія [62, 134].

Враховуючи, що бджоли мають схильність до захворювань, які викликані патогенними бактеріями, грибами, мікроспоридіями та вірусами, зроблено припущення, що згодовування колоїдного (нанорозмірного) діоксиду церію (нано- $\text{CeO}_2$ ) може мати певну оздоровчу дію на організм бджіл. Загострення вірусних захворювань у бджіл часто спостерігається за високого ступеню інвазії кліщем *Varroa destructor* та мікроспоридіями *Nosema apis* і *Nosema ceranae* [32, 93, 128].

В інших дослідженнях виявлено, що нано- $\text{CeO}_2$  викликає і небажані неврологічні ефекти у *Apis mellifera*, пригнічуючи активність мембранної ацетилхолінестерази, яка додатково впливає на холінергічну функцію нервової системи [80]. Наночастинки оксиду церію (IV) ( $n\text{CeO}_2s$ ) викликали сублетальні зміни у бджіл після хронічного орального впливу.

Досліджено вплив германію цитрату, отриманого методами нанотехнології, який випоювали з водою бджолам у різних дозах, на показники якості та безпечності меду натурального, залежно від заданої дози [169]. Бджолиним сім'ям впродовж 50 діб задавали германію цитрат до водопою. Контрольна група отримувала звичайну воду впродовж усього

періоду досліджень. Бджолам I дослідної групи додавали Ge цитрат в дозі 0,2 мг на 1 л води, а II групи – в дозі 0,3 мг/л води. Після додавання різної кількості германію цитрату відбулося підвищення діастазної активності на 4,3–5,3 %, масової частки води – на 5,4–6,5 %, вмісту проліну – в межах 5 %, вмісту відновлювальних цукрів – у межах 0,07 %, зниження загальної кислотності на 3,4 (моль/дм<sup>3</sup>)/кг, а величина рН не змінилася і становила 3,1. Вміст Pb знизився на 0,0006–0,002 мг/кг, а Cd – на 0,0001 мг/кг. Бджолині сім'ї дослідних груп, яким впоювали розчини наногерманію цитрату, забезпечили істотно більші збори меду та відповідно вищу льотну активність.

Серед наносполук органічного походження було досліджено ефективність хітозану. Використання наночастинок хітозану в кормі для бджіл у концентраціях: 10, 30 і 60 ppm показало безпеку цих концентрацій для бджіл. Кращі результати щодо формування стільників, гігієнічної поведінки, збереженого корму та чисельності сімей були зареєстровані у варіантах, де використовували дози 30 і 60 ppm. Середня кількість мертвих бджіл перед льотками у вулики підтверджувала відсутність негативного впливу наночастинок хітозану на бджолині сім'ї. Дослідження підкреслило роль наночастинок хітозану в підвищенні продуктивності та активності бджолиних сімей, особливо в дозах 30 і 60 ppm після зимового сезону [4].

Наноемульсія гексаналю не виявила жодного несприятливого впливу на бджіл, не спричиняючи смертності [74, 103], і не було виявлено несприятливих хронічних впливів на ферментативну активність, годівлю та виживання бджіл, які зазнали впливу нанорозмірного діоксиду титану [71].

Більшість вчених вважають, що необхідні додаткові дослідження в лабораторних або польових умовах для оцінки потенційної небезпеки наночастинок для поведінки, фізіології, активності бджіл, продуктивності колоній, а також для хвороб і шкідників бджіл. Загалом можна очікувати, що небезпека цих матеріалів менша, ніж традиційних пестицидів, через невеликі кількості, які використовуються під час польового застосування. Проте слід



повністю оцінити вплив наночастинок на медоносних бджіл, перш ніж вони будуть включені в стале сільське господарство [110].

Нині актуальними є дослідження, спрямовані на пошук та апробацію речовин і препаратів, а також технологічних прийомів, безпечних для бджіл та довкілля, які могли б бути ефективними для оздоровлення бджіл за вірусних захворювань.

Зрозуміло, що нанотехнології є перспективними для розвитку бджільництва і можуть бути застосовані в багатьох аспектах. Дослідників заохочують проводити додаткові дослідження щодо застосування нанотехнологій у бджільництві та вибрати найбільш ефективні рецептури для виконання поставлених завдань. При цьому необхідно враховувати не лише ефективну дію в організмі, але й безпечність наночастинок різних металів для медоносних бджіл.

#### **1.4. Заключення з огляду літературних джерел**

Таким чином аналіз літературних джерел свідчить про актуальність досліджень щодо збереження популяції бджоли медоносної на різних континентах планети. Це завдання вирішується шляхом використання технологій управління популяцією як культурних запилювачів (спеціалізовані пасіки, які призначені як для запилення ентомофільних сільськогосподарських культур, так і виробництва продуктів бджільництва харчового і медичного призначення). При цьому також важливими є і елементи управління дикими популяціями бджоли медоносної. Це пов'язано в першу чергу зі збереженням екологічної рівноваги навколишнього середовища, а також забезпечення продовольчої безпеки населення.

Одними з актуальних завдань сьогодення у бджільництві є профілактика ряду інфекційних захворювань бджіл, зокрема вірусної етіології, які завдають

значних збитків бджільництву через загибель і скорочення життя бджіл, руйнування бджолиних сімей і зниження їх продуктивності.

Одними з перспективних шляхів вирішення питання профілактики вірусних захворювань бджіл є використання продуктів нанотехнологій, зокрема наносполук рідкоземельних елементів, які здатні проявляти бактерицидну і віруліцидну дію в організмі бджіл і володіють низькою токсичністю як для бджіл, так і для людини.

Разом з тим, у літературі описані досить суперечливі результати досліджень, які не дають підстав для широкого запровадження наносполук, зокрема наноцерію діоксиду у бджільництві для профілактики інфекційних захворювань.

Будучи глобально поширеним патогеном медоносних бджіл, вірус мішечкуватого розплоду викликає велике занепокоєння не лише у агрономів та екологів, але й лікарів ветеринарної медицини, які усвідомлюють, що штами цього вірусу постійно виявляються у нових господарів з числа господарсько корисних комах. Незважаючи на те, що деякі генотипи обмежені певними географічними регіонами, штами цього вірусу, які вже інфікували колонії *A. mellifera*, можуть швидко поширюватися ектопаразитними кліщами, пилком та під час переміщення стільників і інших продуктів вулика.

Існує нагальна потреба в розробці більш дешевих, швидких та енергоефективних методів виявлення та недорогих препаратів, які можна масово виробляти для профілактики та лікування вірусу мішечкуватого розплоду у медоносних бджіл.

Зважаючи на вище викладений матеріал, перспективним є дослідження токсичності наноцерію діоксиду для бджіл, визначення найбільш оптимальної дози та способу застосування даного препарату з метою підвищення терміну життя, кращої зимівлі та профілактики вірусних захворювань бджіл.

Під час підгодівлі бджолиних сімей наноцерію діоксидом може бути також вирішено питання щодо збагачення продуктів бджільництва, зокрема меду та воску церієм як одним з важливих компонентів у системі

антиоксидантного захисту не лише бджіл, але й одного з найважливіших споживачів меду – людини.

Результати проведених досліджень можуть бути основою технології виробництва функціональних продуктів бджільництва, призначених для споживачів різних категорій.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Схема і умови досліджень

Метою **першого етапу досліджень** було визначити окремі показники якості та безпечності меду натурального (липового).

Дослідження проведено на базі ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича». В досліді задіяна українська степова порода бджіл *Apis mellifera*.

Матеріалом для дослідження були 78 проб липового меду з різних регіонів України, які надіслано в лабораторію з метою паспортизації. Усі зразки були заявлені виробниками як монофлорний липовий мед. Відбір проб меду, аналіз органолептичних і фізико-хімічних показників проводили за методиками, зазначеними в ДСТУ 4497:2005 [162]. Загальна схема досліджень наведена на рис. 2.1.

Метою **другого етапу досліджень** було визначити в лабораторних умовах на ізольованих у садки бджолах біологічну дію колоїдного (нанорозмірного) діоксиду церію (нано- $\text{CeO}_2$ ) (в концентраціях 58 мМ; 29 мМ; 5,8 мМ; 2,9 мМ) за його контактного чи перорального надходження в організм та дослідити вплив на бджіл у природних умовах оптимальної концентрації наноцерію діоксиду.

Для цього проведено два досліді: в лабораторних та природних умовах. Всі дослідження виконані в лабораторії технологічних та спеціальних заходів профілактики захворювань бджіл ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» та на пасіці лабораторії Національного університету біоресурсів і природокористування України та Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України.

**Дослід в лабораторних умовах** проведено на льотних бджолах літньої генерації, відібраних у садки безпосередньо перед дослідом в червні місяці.

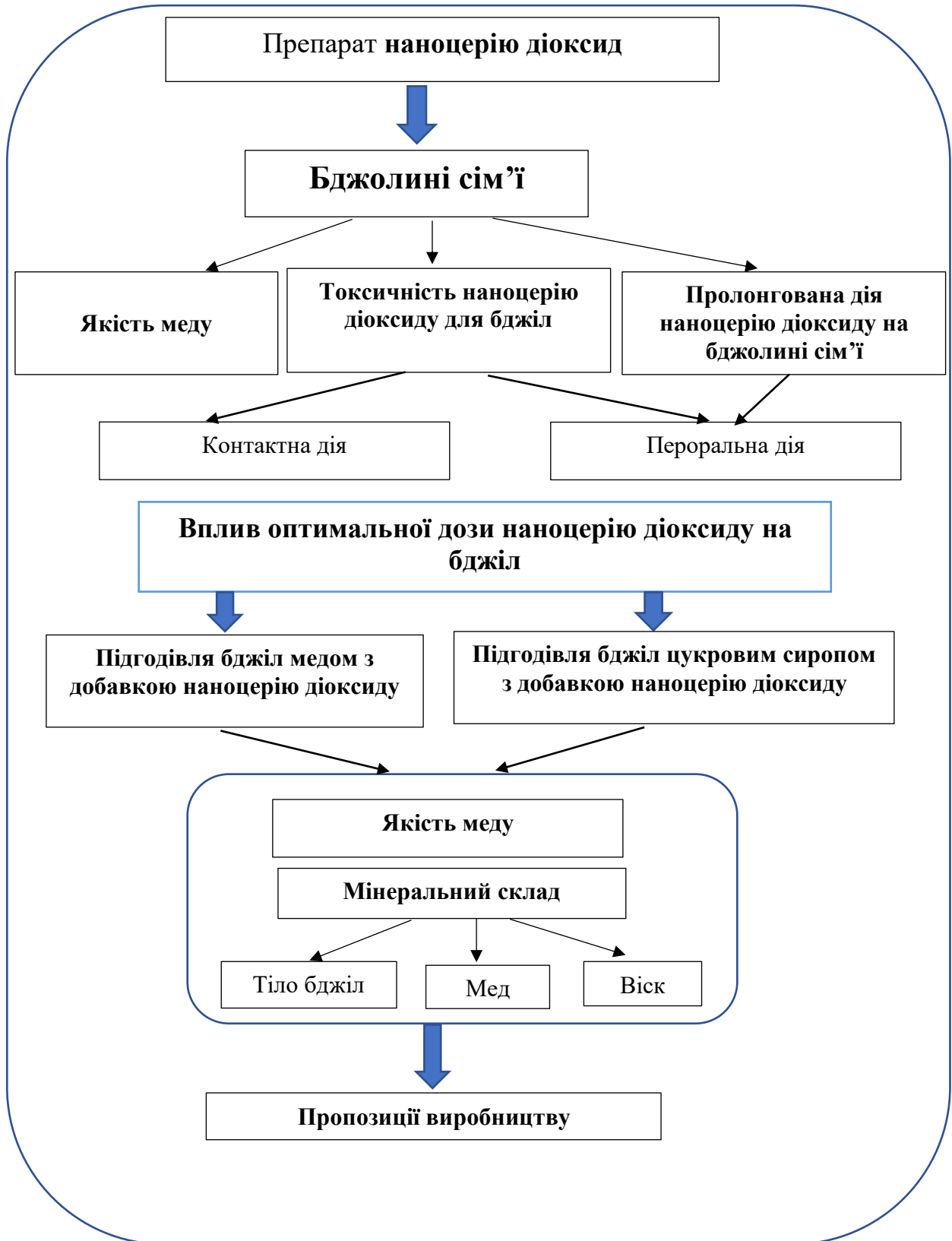


Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

Пероральну дію наноцерію діоксиду визначали шляхом згодовування дослідним бджолам 50 % цукрового сиропу з препаратом у концентраціях 58 мМ; 29 мМ; 5,8 мМ; 2,9 мМ, стоковий золь якого отримано від кандидата хімічних наук, старшого наукового співробітника ІМВ ім. Д.К. Заболотного НАН України О. Б. Щербакова (відповідні розведення золю готували *ex tempore*).

Контактну дію наноцерію діоксиду вивчали шляхом обприскування тіла бджіл водним розчином препарату в зазначених концентраціях. Препарати у складі 50 % цукрового сиропу згодовували бджолам у день їх відбору в дослід протягом 24 год. Повторне згодовування препарату проводили через 7 діб.

Поверхню тіла бджіл обробляли водним розчином наноцерію діоксиду з дрібнодисперсного обприскувача також двічі в дати згодовування препаратів. Дослідних бджіл утримували в термостаті за температури 34–35°C та відносної вологості 60–70 %. Одному варіанту експерименту відповідала одна досліджувана концентрація наноцерію діоксиду. Кожен варіант мав три повторності по 15–30 бджіл у кожній. Облік смертності комах проводили кожні 48 год. протягом двох тижнів від початку досліду. На основі отриманих даних визначено відсоток смертності бджіл у кожній групі на відповідний день спостереження, розраховано середню гармонічну тривалості життя ( $\tau$ ) для кожної групи бджіл за формулою (2.1):

$$1/\tau=(1/t_1+1/t_2+\dots+1/t_N)/N, (2.1)$$

де  $t_1, t_2 \dots t_N$  – час життя кожної комахи в групі з  $N$  комах, оброблених відповідною дозою.

Комахам, що залишились живими на закінчення періоду спостереження, приймали умовний час виживання – 20 діб. Визначено тривалість виживання 50 % комах у групах із застосуванням методу Reed & Muench [123] за формулою 2.2:

$$T_{50}=T_{>50}-(C_{>50}-50)/(C_{>50}-C_{<50}), (2.2)$$

де  $T_{50}$  – тривалість виживання 50 % комах у групі,

$T_{>50}$  – доба, коли відмерло більше 50 % бджіл з групи,

$C_{>50}$  – відсоток відмерлих бджіл у  $T_{>50}$ ,

$C_{<50}$  – відсоток відмерлих бджіл у  $T_{<50}$ .

Статистична обробка цифрового матеріалу проведена із застосуванням методів непараметричної статистики: розраховані медіанні показники, 1 та 3 інтерквартильний інтервал.

*Дослід у природних умовах* проведено на пасіці лабораторії технологічних та спеціальних заходів профілактики захворювань бджіл ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», на якій улітку 2021 р. було досліджено біологічну ефективність наноцерію діоксиду в концентрації 2,9 мМ, що відповідає його вмісту в розчині 0,05 %. Сім'ї на момент дослідження в основному мали по 6–7 рамок, обсиджених бджолами. В досліді був передбачений контроль – сім'ї, які обробляли тільки водою в дні обробок дослідних сімей препаратом. На кожен варіант експерименту брали по 3 бджолині сім'ї. Обробляли бджолині сім'ї 4-кратно. Для цього згодовували препарат в концентрації 2,9 мМ у складі 50 % цукрового сиропу (у об'ємі 1 л на сім'ю) з одночасним обприскуванням тіла бджіл та розплоду його водним розчином в цій же концентрації з інтервалом 7 діб (2.08; 9.08; 16.08; 23.08) із розрахунку 10 мл на вулик. Бджолам контрольної групи застосовували обробку 50 % цукровим сиропом (у об'ємі 1 л на сім'ю).

Безрозплідний період у дослідних варіантах створювали шляхом вилучення із хворих сімей маток на термін виведення нових і початку ними відкладання яєць. Спостереження за дослідними сім'ями бджіл тривало до припинення яйцекладки матками, пов'язаного з настанням осінньо-зимового періоду (листопад 2021).

Дослідним бджолиним сім'ям згодовували з цукровим сиропом восени 2021 р. наноцерію діоксид 0,05% концентрації в дозах 1 л на сім'ю 4-разово з інтервалом 7 діб (2.08; 9.08; 16.08; 23.08). Сім'ї на момент дослідження в основному мали по 6–7 рамок, обсиджених бджолами.

Вплив згодовування наноцерію діоксиду на стан зимівлі бджолиних сімей порівнювався з таким у варіанті, де бджолам згодовували цукровий сироп без препарату (контроль). На кожен варіант досліду брали по 3 бджолосім'ї. За проявом мішечкуватого розплоду в дослідних бджолиних сім'ях спостерігали до припинення яйцекладки матками. Застосовані методики є легко відтворюваними та доступними.

Метою **третього етапу** досліджень було визначити якість та безпечність продуктів бджільництва за застосування наноцерію діоксиду бджолиним сім'ям. Для досягнення цієї мети було проведено 2 досліди на базі пасіки та в лабораторії методів оцінки якості та безпечності продукції бджільництва ННЦ «Інститут бджільництва ім. П.І. Прокоповича».

Вміст церію у біологічних пробах, відібраних від бджіл, медів і воску досліджували на базі ДУ «Інститут медицини праці ім. Ю.І. Кундієва НАМН України» в лабораторії аналітичної хімії та моніторингу токсичних речовин. Лабораторія акредитована Держспоживстандартом та НАМН України; приймає участь у міжлабораторних дослідженнях з підтвердження компетентності на державному рівні (Незалежний аналітичний центр, НАМН України) та міжнародному («FORTREES», SEQAS; LAMP, CDC).

В *першому досліді* вивчали вплив підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду на якість меду, мінеральний склад воску та тіла бджіл.

Дослід проведено в період з 1.03.2023 до 18.04.2023 року. Для цього було сформовано методом груп-аналогів по 2 групи бджолиних сімей середньої сили: контрольну і дослідну. Весняну підгодівлю бджолиних сімей здійснювали медом з добавкою наноцерію діоксиду в дозі 1 мМ одноразово з розрахунку 1 кг на сім'ю протягом 14 діб (27.03.2023 – 18.04.2023). Піддослідні сім'ї середньої сили мали по 6-7 рамок обсиджених бджолами. Контрольним сім'ям бджіл згодовували натуральний мед.



У зрівняльний період, який тривав з 1.03 до 27.03 2023 року, та в кінці основного періоду, який тривав з 27.03 до 18.04 2023 року, з кожної бджолиної сім'ї відбирали проби меду, воску і бджіл для досліджень.

У *другому досліді* вивчали вплив підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду на якість меду, мінеральний склад воску та тіла бджіл.

Дослід проведено в період з 26.04.2023 до 24.05.2023 року. Для цього було сформовано методом груп-аналогів по 2 групи бджолиних сімей середньої сили: контрольну і дослідну. Весняну підгодівлю бджолиних сімей здійснювали 50 % цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду в дозі 1 мМ одноразово в кількості 3 л на сім'ю протягом 14 діб (10.05.2023 - 24.05.2023). Піддослідні сім'ї мали по 9-11 рамок обсиджених бджолами. Бджолиним сім'ям контрольної групи згодовували 50 % цукровий сироп.

З кожної сім'ї відбирали проби меду, воску і бджіл у зрівняльний період, який тривав з 26.04 до 10.05 2023 року, та в кінці основного періоду, який тривав з 10.05 до 24.05 2023 року, для подальших лабораторних досліджень.

## 2.2. Методи досліджень

**2.2.1. Визначення показників якості меду.** Органолептичні показники меду визначали за консистенцією, смаком, ароматом, ступенем кристалізації, а фізико-хімічні показники – за діастазним числом, масовою часткою води, масовою часткою редукуючих цукрів та масовою часткою сахарози, вмістом проліну та електропровідністю згідно методик, описаних в ДСТУ 4497:2005 [162].

Масову частку вологи в пробах меду визначали рефрактометричним методом.

Вміст редукуючих цукрів у меді визначали за методом, суть якого полягає у визначенні оптичної щільності розчину фероціаніду калію після реакції з редукуючими цукрами меду.

Діастазне число визначали в одиницях Готе – це кількість  $\text{cm}^3$  1 %-вого розчину крохмалю, який розщеплюється протягом 1 години діастазою, що міститься в 1 г меду у перерахунку на суху речовину за температури  $40^\circ\text{C}$ . Активність діастази в меді розраховується на основі колориметричного визначення кількості розкладеного субстрату за одиницю часу.

Для досліджень якості меду використовували обладнання: спектрофотометр ULAB-102 (UNICO, Китай), рефрактометр RBH-90 АТС (Китай), кондуктометр HI 98303DiST 3 (HANNA Instruments, Маврикій), центрифуга MPW-251 (Польща), рН-метр Рн-150 МН (Росія), водяна баня Labexpert (Україна), електронні ваги AXIS (Польща).

Дослідження співвідношення кількості фруктози до глюкози проводили за допомогою тест-систем D-Glucose/D-Fructose UV method (r-Biopharm, Німеччина).

Визначення видового складу пилкових зерен у меді проводили мікроскопічним методом. Ідентифікацію пилкових зерен медоносу проводили за допомогою атласу рослин медоносу та використання електронних пилкових баз даних. Ідентифікацію проводили за допомогою мікроскопа PZO Warszawa (Польща).

**2.2.2. Оцінка стану зимівлі бджолиних сімей** проводилась на основі визначення кількості підмору в бджолиних сім'ях за результатами весняної ревізії, проведеної 22.02.2022 р., та ступенем прояву в дослідних бджолиних сім'ях у весняно-літній періоді (квітень-жовтень 2022 р.) мішечкуватого розплоду, який в сильному ступені мав місце на пасіці в 2020–2021 рр.

**2.2.3. Визначення ступеня ураження бджолиних сімей мішечкуватим розплодом** проводили за кількістю хворих личинок на стільник: слабкий ступінь ураження (до 10 личинок на стільник); середній ступінь ураження (10–50 личинок на стільник); сильний ступінь ураження (понад 50 личинок на стільник).

**2.2.4. Дослідження мінерального складу тіла бджіл та продуктів бджільництва.** Вміст хімічних елементів (Se, Mg, Zn, Se) у біологічних

субстратах бджіл, меду та воску визначали методом оптико-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (ОЕС-ІЗП) на приладі “Optima 2100 DV” фірми Perkin-Elmer (США) [159]. Вміст металів було оцінено методом ОЕС-ІЗП після мікрохвильової мінералізації проб. Використано по 5 особин у групі, визначено елементи у 3 повторностях кожної проби.

Отримані дані обробляли статистично за допомогою програми ANOVA, з обчисленням середнього арифметичного, середнього гармонійного та похибки середнього арифметичного, дані в таблицях подано у вигляді  $\bar{x} \pm SD$ . Різницю між групами вважали вірогідною з використанням тесту Tukey при  $p \leq 0,05$ .

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Якість липового меду

Дослідження якості липового меду показало, що за органолептичними показниками він відповідав даному сорту. При цьому колір меду мав світлий відтінок (від світло-жовтого до білого), подразнював слизову оболонку ротової порожнини, мав специфічний смак та властивий тонкий аромат квітів липи. Органолептичними дослідженнями (рис. 3.1) встановлено, що з 78 проб липового меду за консистенцією всі відповідали типовим характеристикам липового меду. Однак 11 проб меду не відповідали за кольором притаманним липовому меду, вони мали темний колір, 21 пробу меду за смаковою пробою віднесено до липового меду (11 проб мали менш виражений смак або взагалі не мали специфічного аромату для липового меду).

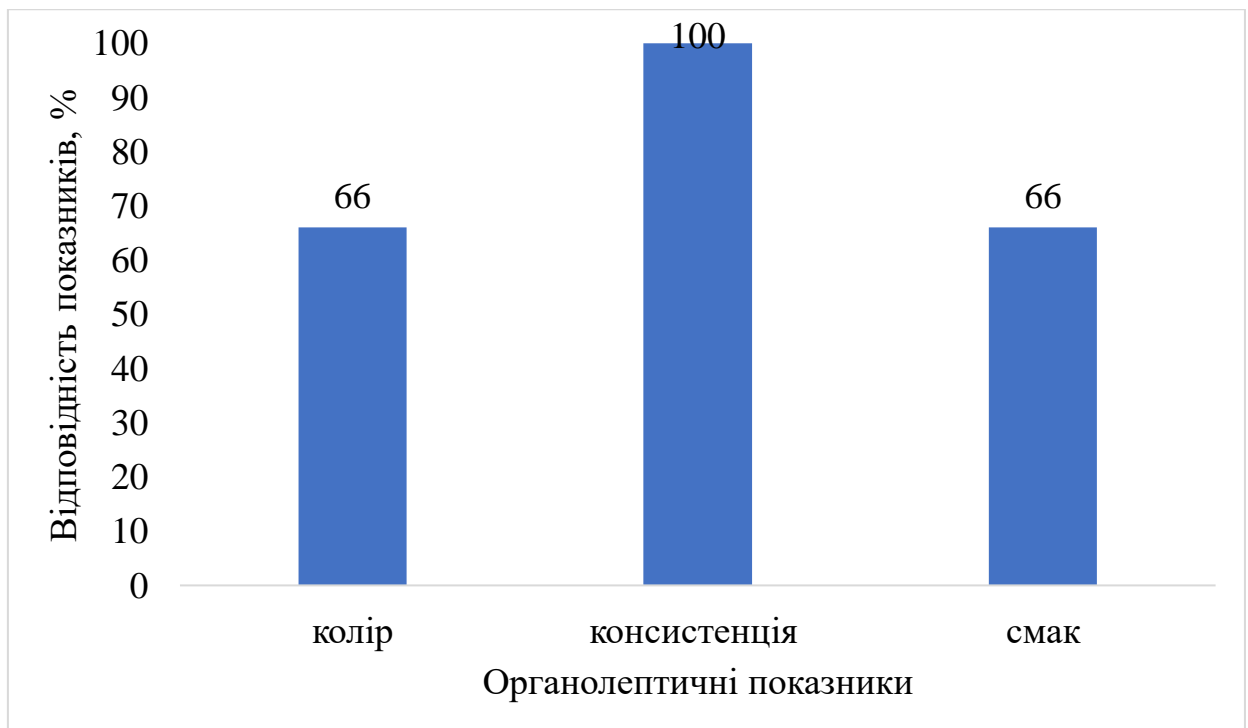


Рис. 3.1. Відповідність органолептичних показників сорту липового меду, %, n=78

Отримані результати свідчать про відповідність органолептичних показників типовим характеристикам досліджуваного меду. З результатів, представлених на рис. 3.1, видно, що за органолептичними показниками від 66 до 100% представлених проб меду відповідали типовим показникам липового меду.

Визначення масової частки води у меді з вмістом пилоквих зерен липи понад 30% показало, що вона не перевищувала 20% і коливалась у межах від 16,7 до 19,6 % (рис. 3.2).

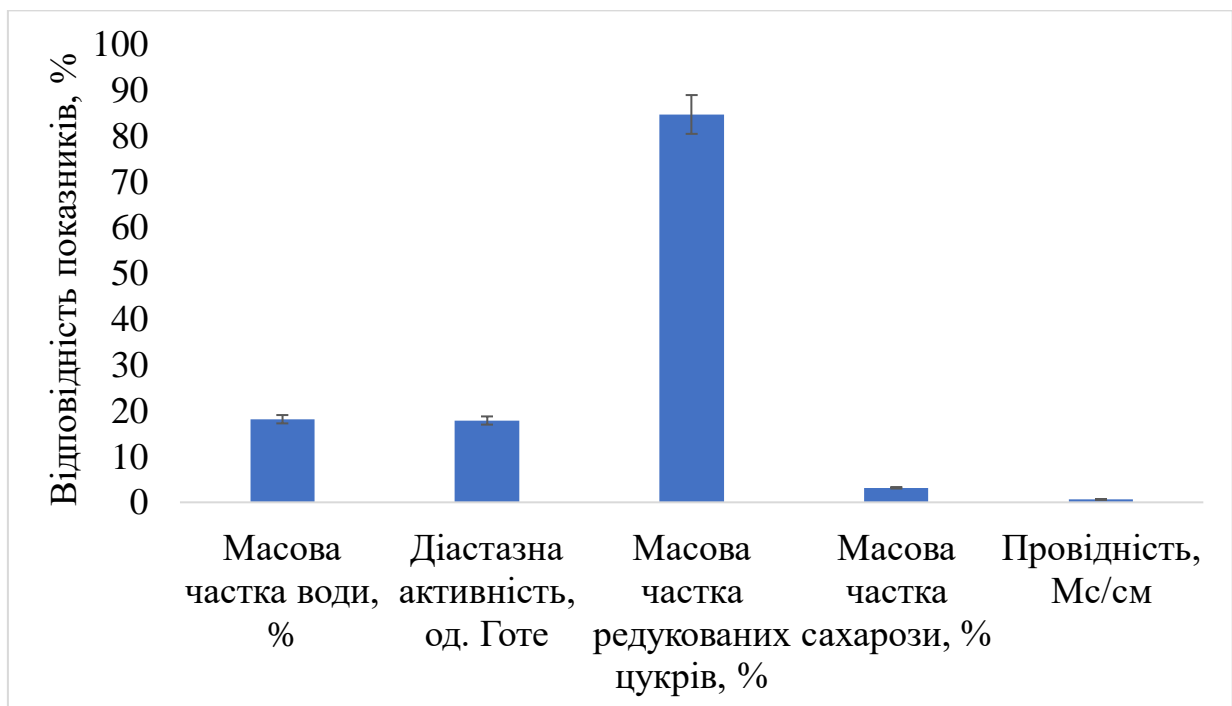


Рис. 3.2. Показники якості липового меду (вміст пилоквих зерен більше 30%), n=78

Діастиазна активність меду з вмістом пилоквих зерен липи знаходилася в широких межах від 10,1 до 45,8 од. Готе (рис. 3.2). Вміст сахарози і редукуючих цукрів характеризує мед за його зрілістю та якістю і може бути одним із показників ботанічного походження меду. У всіх сортах меду, вміст сахарози не повинен перевищувати 5,0 %. Як видно з одержаних даних, вміст редукуючих цукрів у досліджуваних пробах меду коливався від 81,7 до 87,7 %, сахарози від 2,8 до 3,9 %.

Електропровідність є параметром, включеним у нові міжнародні стандарти щодо відмінностей між падевим і нектарним медом. Межі цього параметра, встановлені чинними вимогами для всіх видів меду і їх купажів (суміші) повинні мати не більше ніж 0,8 мС/см у випадку чистого квіткового меду за деякими винятками. Наші дослідження показали, що під час аналізу проб липового меду електропровідність коливалася від 0,305 Мс/см до 1,102 Мс/см, що в окремих пробах перевищувало нормативну величину. У середньому у монофлорному липовому меді за наявності пилкових зерен липи 30% і більше середня електропровідність знаходилася в діапазоні рекомендованих значень (рис. 3.2).

Фізико-хімічний аналіз проб меду з вмістом пилкових зерен липи менше 30 % показав, що вони відповідали чинним нормативним вимогам за вмістом води, діастазною активністю, масовою часткою редукованих цукрів, сахарози та електропровідністю (рис. 3.3).

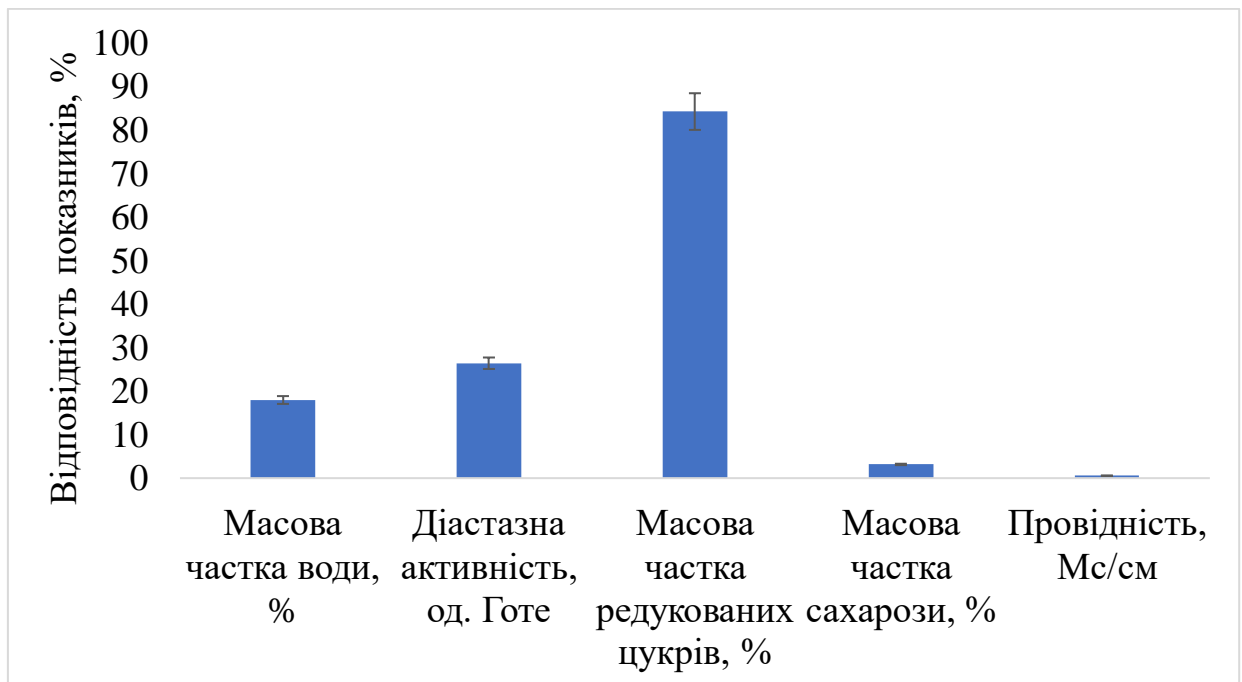


Рис. 3.3. Показники якості липового меду (вміст пилкових зерен менше 30%), n=78

При цьому слід відмітити, що за всіма вище переліченими показниками проби меду з вмістом пилкових зерен понад 30% суттєво не відрізнялися від

медів з вмістом пилоквих зерен менше 30% за винятком діастазної активності, яка в меді з вмістом пилоквих зерен липи менше 30% була вищою порівняно з аналогічним показником меду з вмістом пилоквих зерен липи понад 30%.

Підтвердження натуральності монофлорного меду з липи передбачає дослідження вмісту в ньому проліну, відношення вмісту глюкози до фруктози та ботанічного походження за пилковим складом. Пролін є основною амінокислотою, яка надходить до меду під час ферментативної обробки і служить індикатором натуральності та зрілості меду. Слід зазначити, що вміст проліну в меді повинен бути не менше 180 мг/кг відповідно до національних і міжнародних нормативних вимог.

Отримані результати досліджень показали, що вміст проліну в пробах меду коливався від 239,0 мг/кг до 471,0 мг/кг. У липовому меді з вмістом пилоквих зерен більше 30% середній вміст проліну був на 24,5% нижчий порівняно з медом в якому вміст пилоквих зерен складав менше 30 % (рис. 3.4).

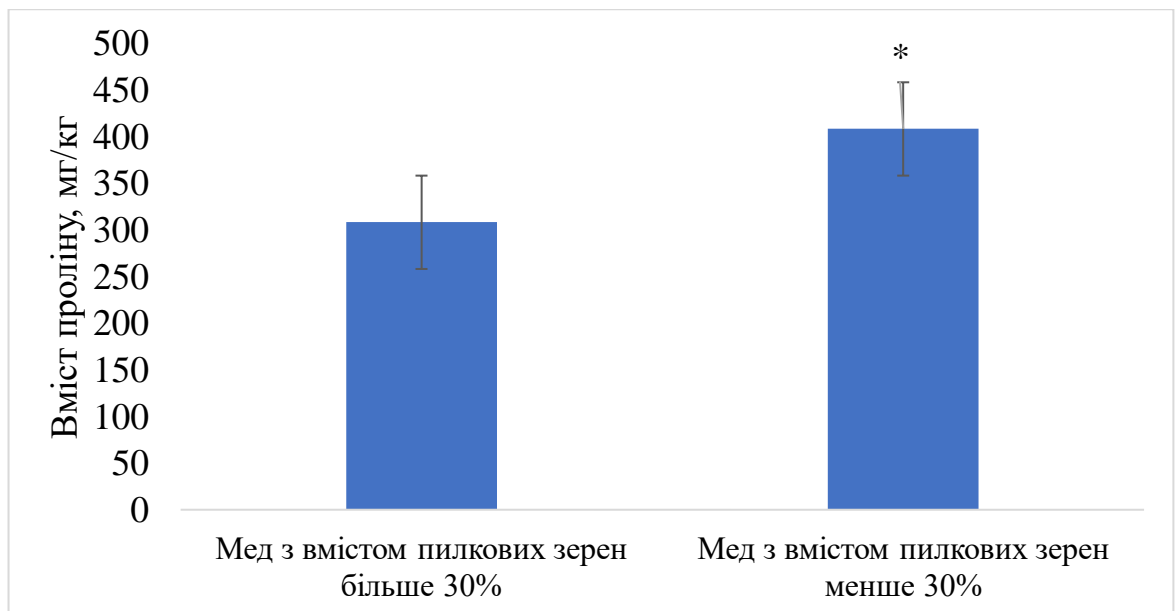


Рис. 3.4. Вміст проліну у липовому меді залежно від вмісту пилоквих зерен липи, n=78. Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з медом з вмістом пилоквих зерен більше 30 %

Більш детальний аналіз липового меду показав, що зі збільшенням вмісту пилоквих зерен липи у меді знижується рівень проліну і він наближається до поліфлорного (рис. 3.5). Отримані дані свідчать про залежність вмісту проліну у меді від джерела нектару.

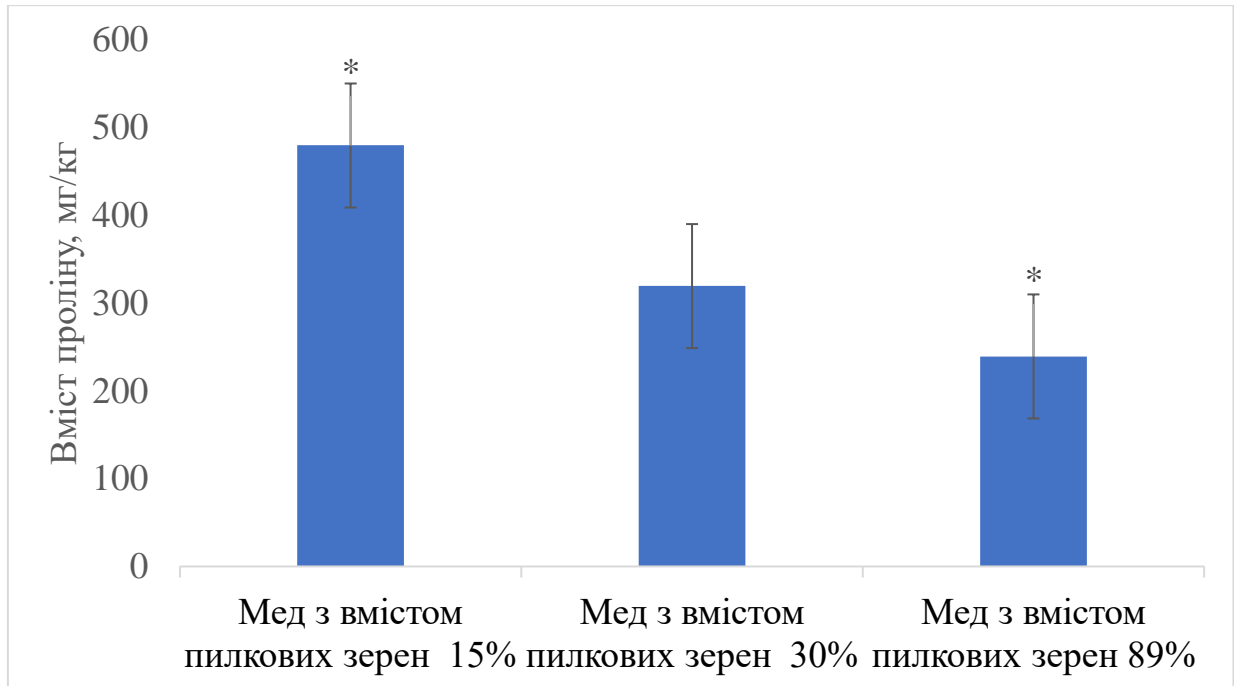


Рис. 3.5. Вміст проліну у меді залежно від вмісту пилоквих зерен липи,  $n=78$ . Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з медом з вмістом пилоквих зерен 30 %

Результати досліджень показали, що співвідношення кількості фруктози до глюкози коливалося від 0,88 до 1,28. Встановлено, що співвідношення фруктози до глюкози у пробах меду з вмістом пилку липи менше 30 % коливалося від 0,88 до 1,1 (рис. 3.6). У пробах меду з вмістом пилоквих зерен липи понад 30 % співвідношення фруктози до глюкози коливалося від 1,1 до 1,28. При цьому вірогідної різниці між пробами меду з різним вмістом пилоквих зерен липи не було виявлено.

За результатами пилокового дослідження 28 проб визначено як мед з липи, оскільки частка пилку в них складала не менше ніж 20 %, що відповідає вимогам нормативних документів [165].



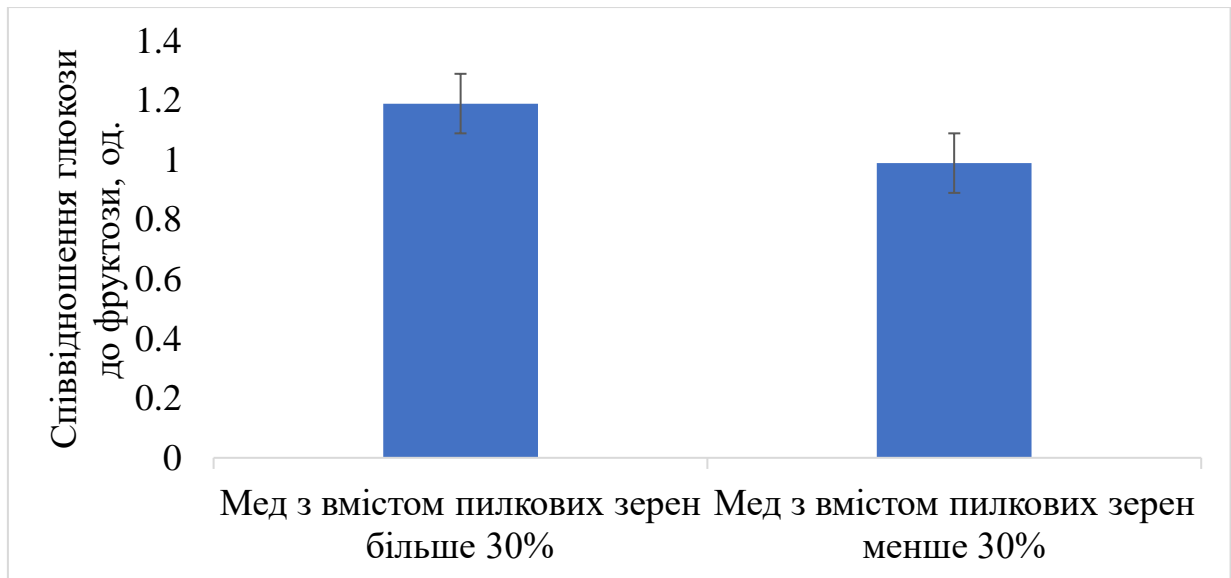


Рис. 3.6. Співвідношення глюкози до фруктози у меді залежно від вмісту пилкових зерен липи, n=78

7 проб меду мали менше ніж 20 % домінуючого пилку з липи. У 28 пробах вміст пилкових зерен з липи варіював у діапазоні від 20,0 до 89,0 %, в середньому 36,8 %. На підставі отриманих результатів аналізу проб меду за їх максимальним значенням визначено пропорційний склад пилків: для 9 досліджених проб вміст пилкових зерен з липи становив більше 40 %, 25 % – пилок родини бобових конюшина (*Trifolium spp.*), горошок мишачий (*Vicia cracca*) 11,6 %, пилкові зерна родини хрестоцвітих (*Cruciferae*) – 15,5 %. У 2 пробах меду були виявлені пилкові зерна кропиви собачої (*Urticadioica L.*) – 9,8–13,3 %, чорнокореня (*Cynoglossum officiale*) – 4,8–6,9 %, синяка звичайного (*Echium vulgare L.*) – 3,6–5,9 %.

При аналізі 11 проб меду, де вміст пилкових зерен з липи змінювався у діапазоні від 30,0 до 40,0 %, визначено зерна мишачого горошку (*Vicia cracca*) – 6,3–8,2 %, конюшини (*Trifolium repens L.*) – 7,4–15,5 %, собачої кропиви (*Leonurus cardiaca L.*) – 5,3–8,3 %, кровохлібки лікарської (*Sanguisorba officinalis*) – 3,2–4,6 %, ваточника (*Asclepias*) – 3,9–5,7%, волошки (*Centaurea cyanus*) – 6,3–8,4 %, соняшнику (*Helianthus annuus*) менше 3 %, золотарнику (*Solidago canadensis*) менше 3 %, вероніки (*Veronica officinalis*) – 3,6–6,8 %, верблюжої колючки (*Alhagi pseudoalhagi*) – 3,2–4,8 %.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що у восьми пробах меду вміст домінуючого пилку з липи коливався від 20 до 30 %. У цих пробах меду виявлені пилкові зерна конюшини повзучої (*Trifolium repens L.*) – 17,4–29,9 %, буркуну білого (*Melilotus albus*) – 7,8–11,8 %, яснотки білої (*Lamium album L.*) – 7,8–11,8 %, конюшини лугової (*Trifolium pratense*) – 12,3–15,6 %, конюшини середньої (*Trifolium medium*) – 9,0–13,7 %, материнки (*Origanum vulgare L.*) – 9,1–12,6 %, мишачого горошка (*Vicia cracca*) – 5,4–7,3 %, борщівника (*Heracleum sosnowskyi Manden*) – до 3 %, вероніки (*Veronica officinalis*) – 3,9–8,7 %, сосни (*Pinus sylvestris*) – до 3 %.

При аналізі проби меду, де вміст домінуючого пилку з липи складав 28%, до 9,6 % пилкових зерен були ідентифіковані як пилкові зерна гречки посівної (*Fagopyrum esculentum*).

Встановлено, що серед проаналізованих зразків липового меду (рис. 3.7) діастазне число зменшується відповідно до збільшення кількості пилкових зерен липового меду.

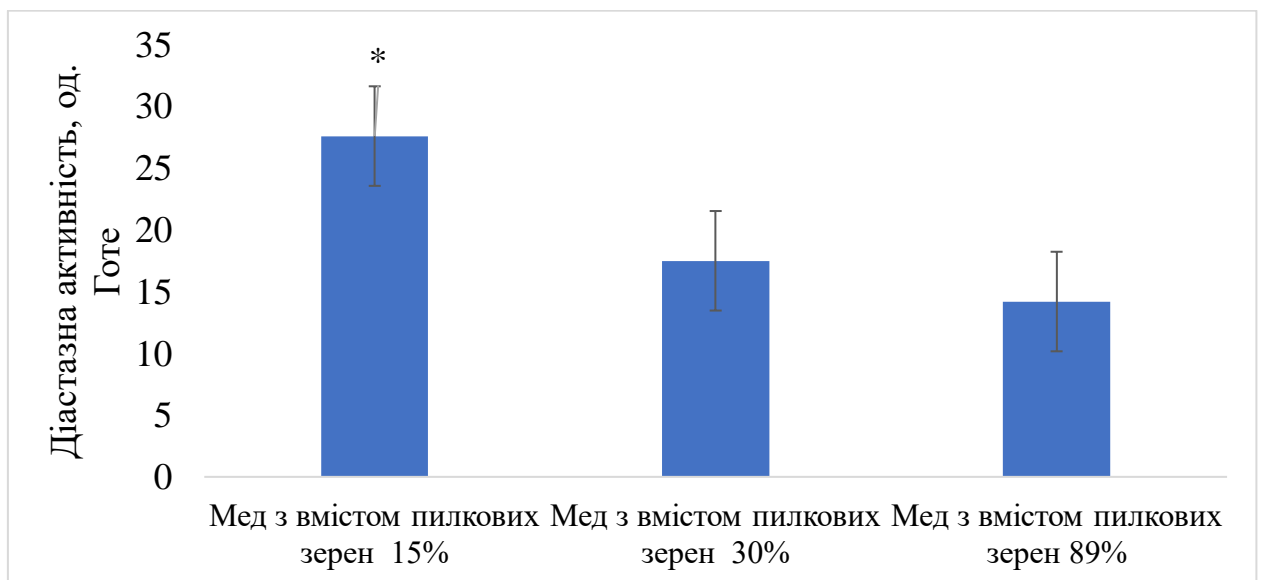


Рис. 3.7. Діастазна активність меду залежно від вмісту пилкових зерен липи,  $n=78$ . Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з медом з вмістом пилкових зерен 30 %

Доведено, що за вмісту пилкових зерен від 30 до 89 % діастазне число липового меду знаходилося майже на одному рівні, а при зменшенні кількості пилкових зерен до 15 % активність діастази була вищою на 36,6 % порівняно з аналогічним показником у меді з вмістом пилкових зерен липи 30 %, що може бути пов'язано з надходженням у мед ферментів з інших медоносів, пилок яких був виявлений та ідентифікований.

Таким чином, проби липового меду, які були піддані аналізу на відповідність щодо його якості, відповідали вимогам чинних нормативних-правових актів.

Виявлено залежність між вмістом проліну і діастазною активністю меду від кількості пилкових зерен липи в меді: зі збільшенням кількості пилкових зерен липи в меді вміст проліну і діастазна активність знижуються.

### **3.2. Токсичність препарату наноцерію для бджіл за контактного та перорального застосування (в садках)**

Проведено дослід за лабораторних умов з визначення пероральної та контактної дії наноцерію діоксиду на бджіл, ізольованих в садки. Встановлено, що згодовування бджолам 50 % цукрового сиропу з добавкою наноцерію діоксиду в усіх досліджених концентраціях (58 мМ; 29 мМ; 5,8 мМ) не справляло гострого токсичного впливу для бджіл, однак прискорювало їх відмирання порівняно з контролем на різних часових відрізках у процесі моніторингу природного відмирання комах до 30 % ( $22,8 \pm 8,7$  % – в контролі і  $55,3 \pm 15,6$  % – в досліді). При цьому чіткої залежності між швидкістю відмирання бджіл і концентрацією препарату не виявлено (рис. 3.8).

Разом з тим, наноцерію діоксид у концентрації 2,9 мМ сприяє подовженню життя бджіл майже в 1,5 раза, що свідчить про його біостимулюючий ефект.

Що стосується обробки поверхні тіла бджіл водним розчином наноцерію діоксиду, то цей препарат також не справляв гострої токсичної дії в усіх

досліджених концентраціях, однак найбільша із них (58 мМ) у значній мірі прискорювала їх відмирання (до 40 %) порівняно з контрольними комахами, у яких поверхню тіла обробляли водою без наночерію діоксиду ( $40,0 \pm 14,2$  % – в контролі і  $79,2 \pm 11,0$  % – в досліді).

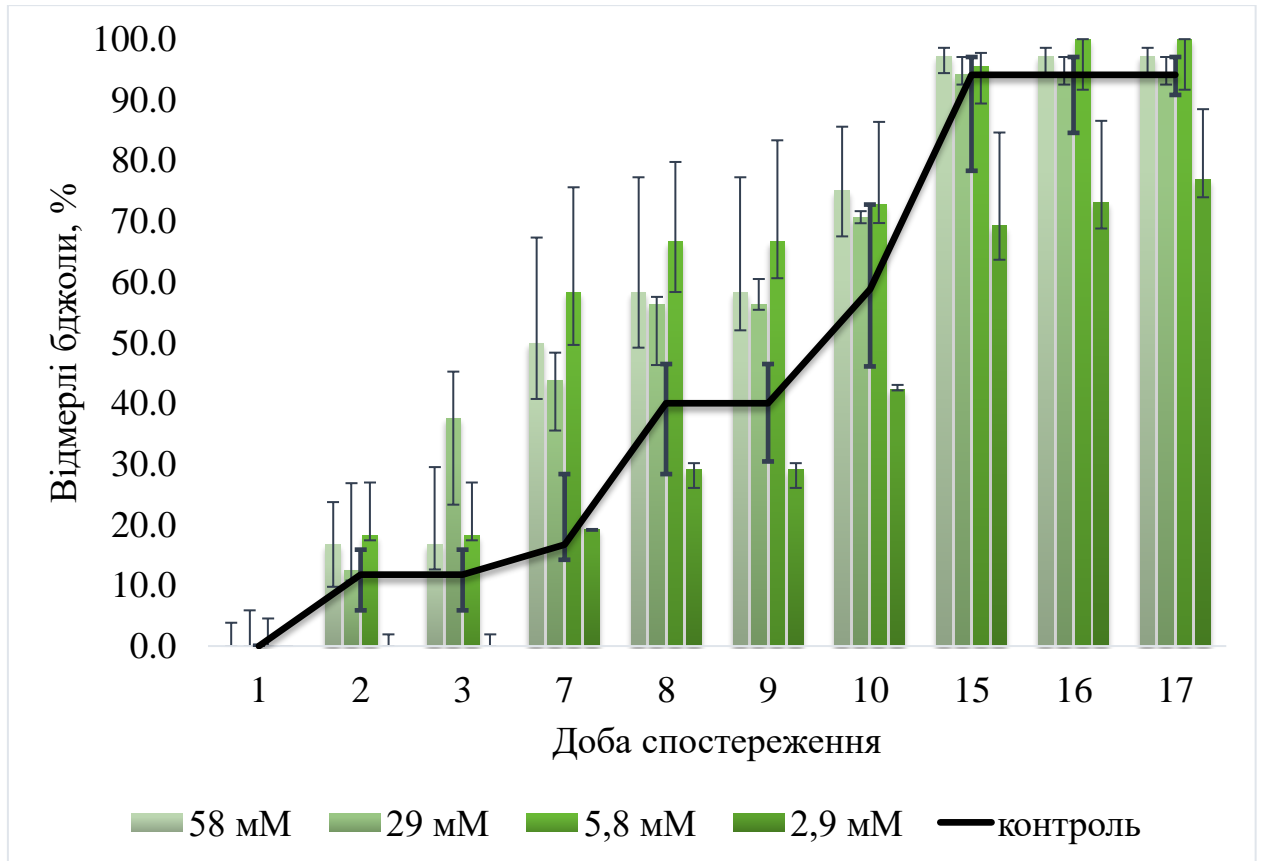


Рис. 3.8. Відмирання ізольованих у садках бджіл за двократного перорального застосування різних концентрацій наночерію діоксиду у складі 50 % цукрового сиропу,  $n=30$

Динаміка відмирання бджіл при обробці водним розчином наночерію діоксиду в зазначених концентраціях була практично тотожна з такою контрольних комах (рис. 3.9).

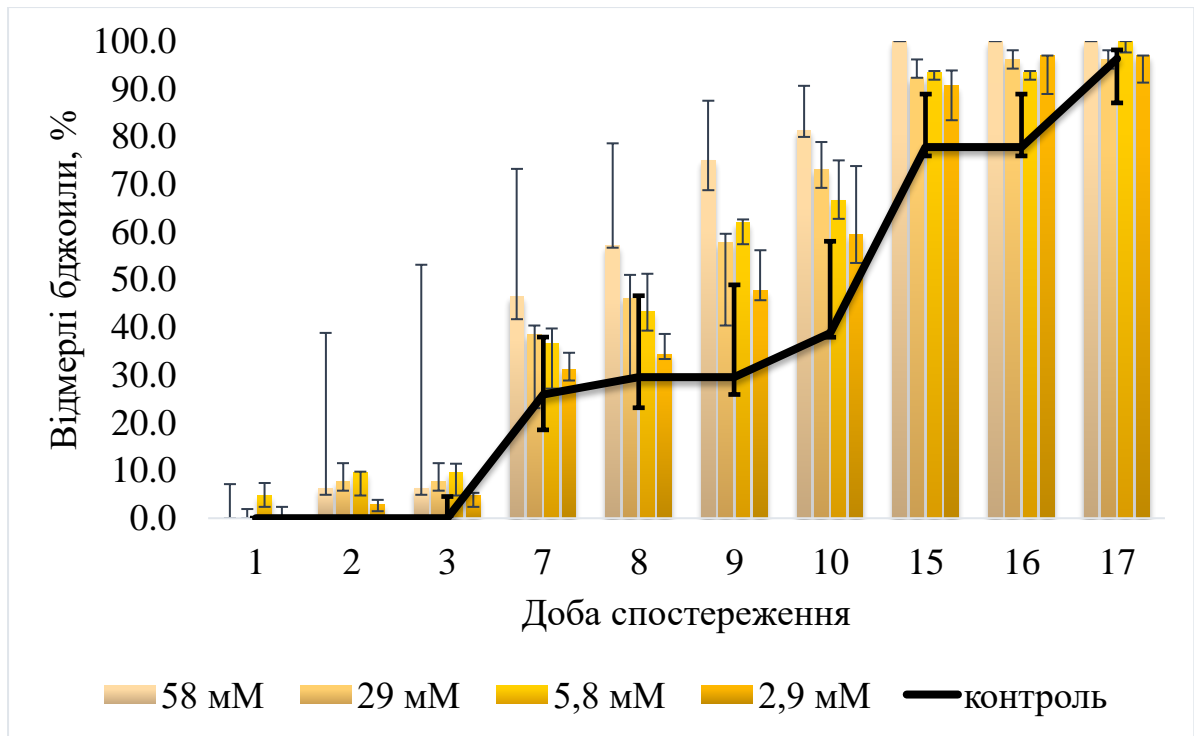


Рис. 3.9. Відмирання ізолюваних у садках бджіл за двократної обробки різними концентраціями водного розчину наночерію діоксиду. Примітка: результати представлені як медіана та 1 і 3 інтерквартильний інтервал,  $n=30$

Відомо, що ступінь загальної небезпечності наночасток може бути вищим, ніж такий для мікро- та макроматеріалів та залежати від великої кількості характеристик і властивостей наночасток та їх змін в організмі. Підтвердженням є виявлена в лабораторних дослідках певна токсичність за контактного та перорального попадання в організм бджіл досліджених надвисоких концентрацій наночерію діоксиду.

Інтегральним показником токсичності наночерію діоксиду для досліджених об'єктів є показник середньої гармонічної тривалості життя бджіл –  $\tau$ , який враховує час життя кожної комахи та чисельність оброблених відповідною концентрацією наночерію діоксиду бджіл у групі. Результати розрахунку показника середньої гармонічної тривалості життя бджіл у кожній із груп наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Середня гармонічна тривалість життя ізольованих у садках бджіл за різних способів застосування наноцерію діоксиду, діб, n=30**

Спосіб застосування	Концентрація наноцерію діоксиду, мМ				
	0 (контроль)	2,9	5,8	29	58
Пероральний	8,2 (7,7-10,6)	11,6* (11,5-12,1)	6,5* (5,8-6,9)	6,3* (5,4-7,5)	7,3 (6,0-8,3)
Обробка тіла	11,7 (10,1-12,1)	9,2* (9,1-9,9)	7,9* (7,4-9,4)	8,2* (7,8-9,2)	8,6* (5,8-8,7)

Примітки: \* –  $p < 0,05$  відносно показників бджіл контрольної групи, результати представлені як Me (LQ–UQ), де Me – медіана, LQ – 1 кватиль, UQ – 3 кватиль

Отримані результати свідчать, що пероральне застосування наноцерію діоксиду у мінімальній дослідженій концентрації 2,9 мМ на ~40 % збільшує значення показника середньої гармонічної тривалості життя бджіл у групі. Але вже двократне збільшення концентрації – 5,8 мМ – статистично вірогідно зменшує тривалість життя комах у групі. Цікаво, що концентрація наноцерію діоксиду, яка в 10 разів вища і становить 58 мМ, не викликає статистично вірогідного скорочення тривалості життя бджіл, навіть порівняно з контрольними комахами. Тобто токсичні ефекти за умови перорального застосування наноцерію діоксиду бджолам мають нелінійний характер: у максимально дослідженій концентрації зниження середньої гармонічної тривалості життя бджіл є недостовірним, у діапазоні концентрацій ~5–30 мМ зниження вказаного показника на 20 % є статистично вірогідним, а його збільшення показане за концентрації ~3 мМ.

З іншого боку, обробка поверхні тіла бджіл водним розчином наноцерію діоксиду у всіх досліджених концентраціях супроводжувалась статистично

значущим зниженням показника середньої гармонічної тривалості життя на ~20–30 %.

Таблиця 3.2

**Тривалість виживання 50 % бджіл в ізольованих садках за різних способів застосування наноцерію діоксиду, діб, n=30**

Спосіб застосування	Концентрація наноцерію діоксиду, мМ				
	0 (контроль)	2,9	5,8	29	58
Пероральний	9,5 (9,1-13,1)	13,3* (13,2-13,4)	6,8* (6,5-7,0)	7,5* (7,2-8,4)	7,0* (6,5-8,3)
Обробка тіла	13,3 (9,1-14,3)	9,2 (8,6-9,6)	8,4* (7,9-8,6)	8,3* (7,9-9,3)	7,3* (2,8-7,6)

Примітка: \* –  $p < 0,05$  відносно показників бджіл контрольної групи, результати представлені як Me (LQ–UQ), де Me – медіана, LQ – 1 кuartиль, UQ – 3 кuartиль.

Визначення тривалості виживання 50 % комах у групі дозволяє більш детально охарактеризувати можливий токсичний чи стимулюючий вплив досліджуваних речовин на цілісний організм. У таблиці 3.2 наведені розраховані за відсотком відмерлих бджіл дані тривалості (доби спостереження) виживання 50 % комах у експериментальних групах.

Отримані результати свідчать, що мінімальна концентрація наноцерію діоксиду – 2,9 мМ – за умови його двократного перорального застосування в якості підгодівлі у складі 50 % цукрового сиропу забезпечує статистично значуще збільшення тривалості виживання 50 % комах (13,3 доби за 2,9 мМ концентрації наноцерію діоксиду проти 9,5 доби у контролі). Вищі концентрації наноцерію діоксиду, навпаки, знижували даний показник на ~20–30 %.

Обробка поверхні тіла бджіл у всіх досліджених концентраціях наноцерію діоксиду супроводжувалась зменшенням тривалості виживання 50 % бджіл на ~30–45 %. Вказана закономірність залежить від концентрації препарату наноцерію.

Застосований спосіб обробки поверхні тіла бджіл дав негативні значення середньої гармонічної тривалості життя (табл. 3.1) та тривалості виживання 50 % бджіл (табл. 3.2), які можуть бути зумовлені агрегацією наночасток наноцерію діоксиду на поверхні тіла бджіл, що може порушувати газообмін та викликати численні пошкодження чутливих ворсинок і як наслідок – прискорене відмирання комах. Зважаючи на отримані результати, можна зауважити, що, враховуючи особливості біології бджіл, а також фізико-хімічні властивості розчину наночасток, застосований технологічний прийом обробки поверхні тіла водними розчинами наночасток наноцерію діоксиду може бути неефективним для комах, що було підтверджено у виробничих випробуваннях в умовах пасіки (додаток Б).

### **3.3. Застосування наноцерію діоксиду для профілактики захворювань бджіл в умовах пасіки**

Дослід за природних умов проведено в період з серпня по листопад 2021 р. Оскільки в лабораторних умовах згодовування бджолам препарату наноцерію діоксиду з цукровим сиропом та обробка поверхні тіла бджіл його водним розчином гострої токсичності не мали, а пероральне застосування мінімальної дослідженої концентрації супроводжувалось статистично значущим збільшенням показників середньої гармонічної тривалості життя та тривалості виживання 50 % бджіл, для виявлення можливого антивірусного ефекту наноцерію діоксиду в бджолиних сім'ях за природних умов була застосована саме концентрація 2,9 мМ.

Результати дослід, проведеного за природних умов з визначення впливу згодовування разом з цукровим сиропом колоїдного (нанорозмірного)



діоксиду церію (0,05 %, що відповідає концентрації 2,9 мМ) на стан зимівлі бджолиних сімей, оціненого за кількістю підмору в дослідних бджолиних сім'ях, представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

**Вплив наноцерію діоксиду на кількість підмору в бджолиних сім'ях  
станом на 22.02.2022 р., n=3**

№ сім'ї	Група	Кількість підмору в сім'ях	
		шт.	%
1	Контрольна	249	
2		178	
3		368	
Сума		795	
середнє		265	100
4	Дослідна	383	
5		276	
6		143	
Сума		802	
середнє		267,3	100,9

Встановлено, що кількість підмору в дослідних бджолиних сім'ях практично не відрізнялась від такого в контролі, де сім'ї отримували сироп без препаратів, а отже згодовування бджолам разом з цукровим сиропом наноцерію діоксиду не мало негативного впливу на стан зимівлі бджолиних сімей, оціненого за кількістю підмору в дослідних бджолиних сім'ях. Кількість підмору в дослідних сім'ях практично не відрізнялась від такого в контролі, де сім'ї отримували сироп без препарату.

Спостереження за бджолиними сім'ями в весняно-літній сезон показало, що прояв мішечкуватого розплоду в піддослідних сім'ях, включаючи контрольні, спостерігався в сильному ступені відразу після закінчення

квітування весняних нектароносів (початок червня – після квітування акації білої) (табл. 3.4).

**Таблиця 3.4**

**Перебіг мішечкуватого розплоду в бджолиних сім'ях за осінньої підгодівлі наноцерію діоксидом в дозі 0,05% (станом на 1.06–17.10.2022 р.), n=3**

№ сім'ї	Група	Ступінь ураження розплоду в бджолиних сім'ях вірусом мішечкуватого розплоду									
		01.06	15.06	01.07	15.07	01.08	15.08	01.09	17.09	03.10	17.10*
1	Контрольна	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
2		++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
3		++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
4	Дослідна	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
5		++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
6		+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Примітки:

\* – спостереження проводились до середини жовтня (припинення яйцекладки матками);

+ – слабкий ступінь ураження мішечкуватим розплодом (до 10 личинок на стільник);

++ – середній ступінь ураження мішечкуватим розплодом (10–50 личинок на стільник);

+++ – сильний ступінь ураження мішечкуватим розплодом (понад 50 личинок на стільник).

Тобто нанорозмірний діоксид церію не мав противірусного пролонгованого ефекту, навіть за умови підкріплення дії препаратів тривалим (1,5–2,5 місяці) зимовим безрозплідним періодом.

### 3.4. Вплив наночерію діоксиду на якість продуктів бджільництва

**3.4.1. Вплив підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наночерію діоксиду на якість продуктів бджільництва.** Аналіз меду бджолиного у зрівняльний період, отриманого від бджолиних сімей контрольної і дослідної груп показав, що за показниками якості, зокрема масовою часткою води та вмістом проліну він не відрізнявся між групами і відповідав чинним нормативним вимогам (табл. 3.5).

**Таблиця 3.5**

**Якість меду бджолиного у зрівняльний період,  $\bar{x} \pm SD$ , n = 4**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Масова частка води, %	17,68±0,59	18,02±0,72
Діастиазна активність, од. Готе	5,22±0,57	5,23±1,12
Пролін, мг/кг	258,50±14,71	253,25±24,47

Активність ферментів у меді залежить від ботанічного походження рослин-медоносів, ґрунтових і кліматичних умов, стану погоди в період збору бджолами нектару, способу його зберігання. Для натурального меду діастиазна активність повинна бути не нижче 5 од. Готе, однак якісним прийнято вважати мед діастиазне число якого не нижче 10 од згідно ДСТУ 4497:2005 [162]. Як видно з даних табл. 3.5 діастиазна активність меду, отриманого від бджолосімей контрольної і дослідної груп, була на однаковому рівні, але не відповідала чинним нормативам.

Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наночерію діоксиду суттєво не впливала на масову частку води і вміст проліну в меді бджолиному, однак виявлено тенденцію до підвищення діастиазної активності меду, отриманого від бджолосімей дослідної групи порівняно з аналогічними показниками меду, отриманого від бджолосімей контрольної групи (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Якість меду бджолиного за підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$**

Показник	Група	
	контрольна	Дослідна
Масова частка води, %	17,80±1,24	18,85±0,44
Діастазна активність, од. Готе	8,73±2,63	11,88±1,63
Пролін, мг/кг	298,25±48,60	234,00±76,25

Таке підвищення діастазної активності меду за підгодівлі бджолиних сімей наноцерієм діоксидом може бути пов'язане з його стимуляцією синтезу ферментів в організмі бджіл та надходженням у мед з секретом слинних залоз.

Таблиця 3.7

**Мінеральний склад тіла бджіл у зрівняльний період,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$ , мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,18±0,06	0,22±0,07
Mg	426,71±29,15	463,05±44,03
Zn	47,47±18,16	54,95±12,13
Se	0,47±0,03	0,46±0,09

Аналіз мінерального складу тіла бджіл показав, що у зрівняльний період за вмістом церію, магнію, цинку та селену контрольна і дослідна групи вірогідно не відрізнялися (табл. 3.7).

Як видно з даних табл. 3.7 у тілі бджіл найвищий вміст був магнію, що свідчить про його важливу роль у мінеральному обміні цих комах. Деяко менша концентрація цинку і селену, тоді як вміст церію серед досліджуваних мінеральних елементів був найнижчим. Це пов'язано як з вмістом і

поширенням цих елементів у рослинах, зокрема пилконосах і медоносах, так і їх роллю в обміні речовин бджіл.

Підгодівля бджіл медом з добавкою наноцерію діоксиду показала, що концентрація мінеральних елементів у тілі бджіл зазнала суттєвих змін (табл. 3.8).

**Таблиця 3.8**

**Мінеральний склад тіла бджіл за підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду,  $\bar{x} \pm SD$ , n = 4, мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,18±0,04	1,11±0,09*
Mg	306,36±10,79	263,97±36,63*
Zn	32,92±3,99	33,21±2,98
Se	0,55±0,07	0,47±0,06*

Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з контрольною групою

Так, вміст церію в тілі бджіл дослідної групи зріс у 6,2 раза порівняно з аналогічним показником у бджіл контрольної групи, де його значення знаходилось практично на рівні зрівняльного періоду. Це свідчить про те, що наноцерію діоксид, який надходив в організм бджіл з медом, засвоювався і відкладався в їх тілі.

Слід також відмітити, що вміст одного з найважливіших макроелементів для організму бджіл – магнію також піддавався змінам під впливом наноцерію діоксиду. Як видно з даних, наведених у табл. 3.8, вміст магнію у тілі бджіл за підгодівлі медом з добавкою наноцерію діоксиду знизився на 13,8% порівняно з контрольною групою. Аналогічних змін зазнавав і вміст селену в тілі бджіл за підгодівлі медом з добавкою наноцерію діоксиду. При цьому його рівень у тілі бджіл дослідної групи знизився на 14,5 % порівняно з контрольною групою.

Що стосується вмісту цинку в тілі бджіл, то наноцерію діоксид не впливав на цей показник.

Слід зазначити, що у порівнянні зі зрівняльним періодом у тілі бджіл як контрольної, так і дослідної груп вміст магнію і цинку знизився, що, можливо, пов'язано з мінеральним складом рослин пилконосів і медоносів, які квітували у період проведення досліджень.

Мінеральний склад меду бджолиного у зрівняльній період показав, що аналогічно до мінерального складу тіла бджіл найбільший вміст серед досліджуваних елементів займав магній, однак на другому місці за величиною показників був селен, тоді як нижчий вміст виявлено для цинку, а найменший показник відмічався у церію (табл. 3.9).

**Таблиця 3.9**

**Мінеральний склад меду бджолиного у зрівняльній період,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$ ,  
мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,017±0,003	0,015±0,009
Mg	8,46±3,04	8,57±3,02
Zn	0,46±0,14	0,46±0,12
Se	2,29±0,45	2,22±0,28

Вміст усіх досліджуваних мінеральних елементів у меді бджолиному у зрівняльній період досліду не відрізнявся між контрольною і дослідною групами бджолиних сімей.

Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду показала, що вміст церію у меді бджолиному зріс у 8,6 раза порівняно з аналогічними показниками контрольної групи (табл. 3.10).

Решта мінеральних елементів, а саме вміст магнію, цинку та селену у меді бджолиному за впливу наноцерію діоксиду не змінювався.

Отримані дані свідчать про залежність вмісту церію в тілі бджіл і меді, який вони виробляють.

Таблиця 3.10

**Мінеральний склад меду бджолиного після підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду,  $\bar{x} \pm SD$ ,  $n = 4$ , мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,014±0,005	0,120±0,071*
Mg	10,42±1,39	9,09±3,56
Zn	0,47±0,09	0,51±0,07
Se	1,80±0,37	2,21±0,73

Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з контрольною групою

Лінія регресії показує, що між вмістом церію в тілі бджіл і меді існує прямий лінійний зв'язок (рис. 3.10). Як показали розрахунки, коефіцієнт кореляції між вмістом церію в тілі бджіл і в меді складає  $r=0,41$ , що свідчить про середній ступінь залежності. Величина достовірності апроксимації дорівнює  $R^2=0,178$ , тобто лише 17 % дослідних даних описують дану залежність.

Одним з важливих продуктів бджільництва є віск, хімічний склад якого залежить від ботанічного складу пилюконосів і медоносів.

Як показали результати досліджень мінеральний склад воску у зрівняльний період досліду не відрізнявся між контрольною і дослідною групами бджолиних сімей.

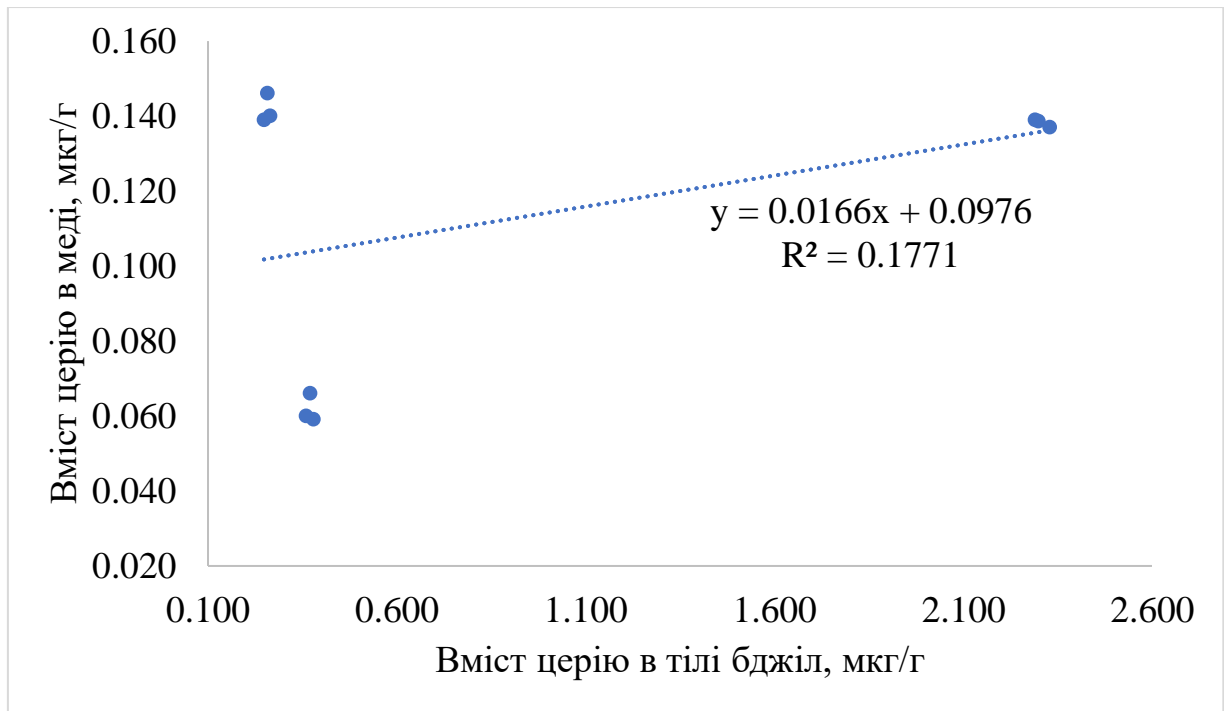


Рис. 3.10. Залежність вмісту церію в меді від його вмісту в тілі бджіл за підгодовлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду,  $n = 12$

Як і в меді, у бджолиному воску найбільший вміст серед досліджуваних мінеральних елементів займав магній, рівень цинку і селену був значно нижчим і найменший вміст виявлено церію (табл. 3.11).

**Таблиця 3.11**

**Мінеральний склад воску бджолиного у зрівняльний період,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$ , мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,039±0,011	0,047±0,022
Mg	135,02±59,72	139,47±12,34
Zn	1,32±0,28	1,91±0,24
Se	0,69±0,24	0,64±0,15



При цьому за мінеральним складом бджолиного воску вірогідної різниці між групами бджолиних сімей у зрівняльний період не виявлено, що свідчить про належні умови їх утримання і наявність достатньої кормової бази.

Слід також зазначити, що за вмістом цинку і селену віск наближається до меду, що пояснюється ботанічним складом пилюконосів і медоносів, з яких бджоли беруть пилок і нектар, які квітували у період проведення досліджень.

Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду практично не впливала на вміст магнію, цинку і селену у воску порівняно з даними контрольної групи (табл. 3.12). Однак надходження наноцерію в організм бджіл сприяло збільшенню вмісту церію у бджолиному воску в 1,9 раза порівняно з контролем. Отримані дані показали сильний ступінь залежності вмісту церію у воску від його вмісту в тілі бджіл –  $r=0,77$ .

Таблиця 3.12

**Мінеральний склад воску бджолиного за підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду,  $\bar{x} \pm SD$ ,  $n = 4$ , мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,048±0,021	0,092±0,042*
Mg	156,42±92,72	182,74±40,30
Zn	1,29±0,70	1,31±0,69
Se	0,80±0,05	0,85±0,14

Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з контрольною групою

Лінія регресії показує, що між вмістом церію у воску і тілі бджіл існує прямий лінійний зв'язок (рис. 3.11).

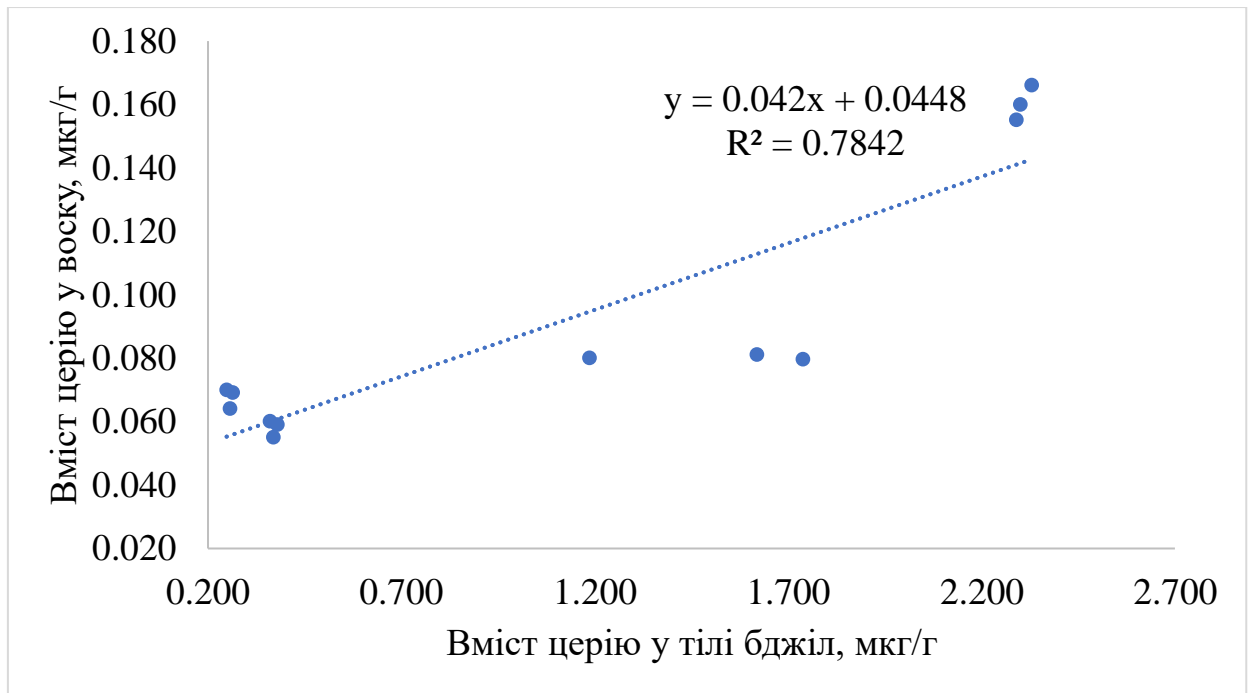


Рис. 3.11. Залежність вмісту церію у воску від його вмісту в тілі бджіл за підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду,  $n = 12$

Величина достовірності апроксимації дорівнює  $R^2=0,78$ , тобто 78 % дослідних даних описують дану залежність.

Як показали розрахунки за підгодівлі бджіл медом з добавкою наноцерію діоксиду концентрація церію у воску мала лінійну залежність від його вмісту в меді середнього ступеню ( $r=0,47$ ). При цьому величина достовірності апроксимації дорівнює  $R^2=0,22$ , тобто лише 22 % дослідних даних описують дану залежність.

За підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду виявлено також пряму лінійну залежність між вмістом церію у тілі бджіл і меді, ця залежність була середнього ступеня ( $r=0,41$ ). Величина достовірності апроксимації в цьому випадку становила  $R^2=0,17$ , що вказує на досить незначну кількість дослідних даних, які описують цю залежність.

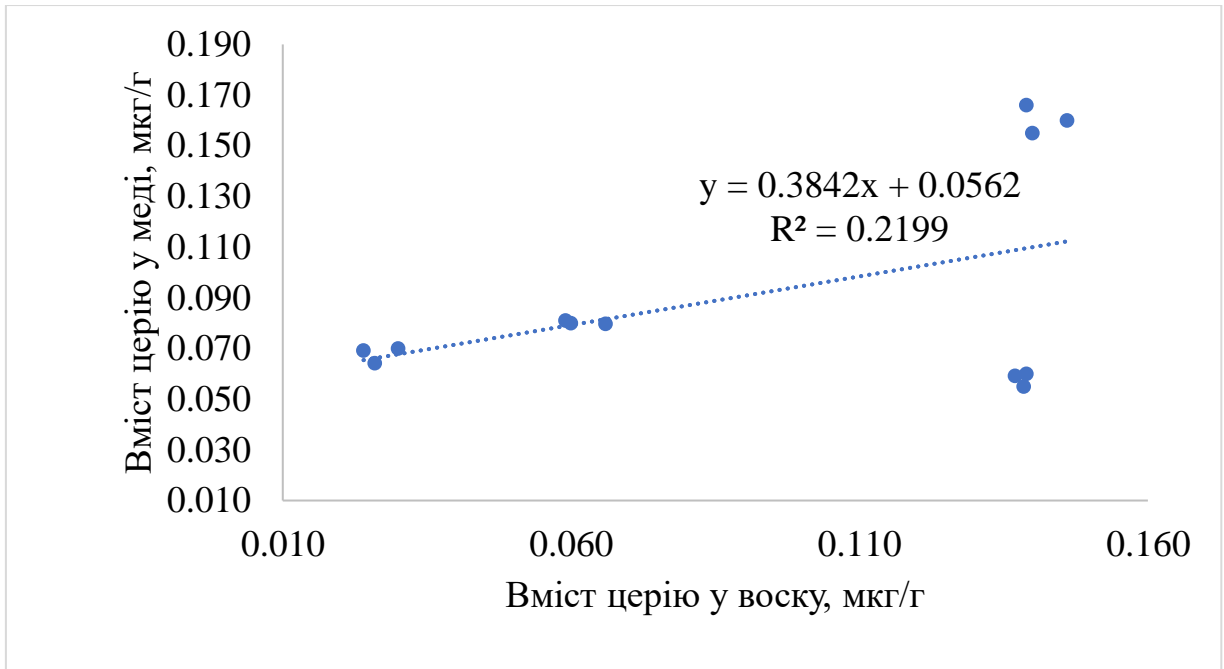


Рис. 3.12. Залежність вмісту церію у воску від його вмісту в меді за підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду,  $n = 12$

Отже вміст церію у воску, який виробляють бджоли під впливом згодовування меду з добавкою наноцерію діоксиду, найбільше залежить від його вмісту в тілі бджіл.

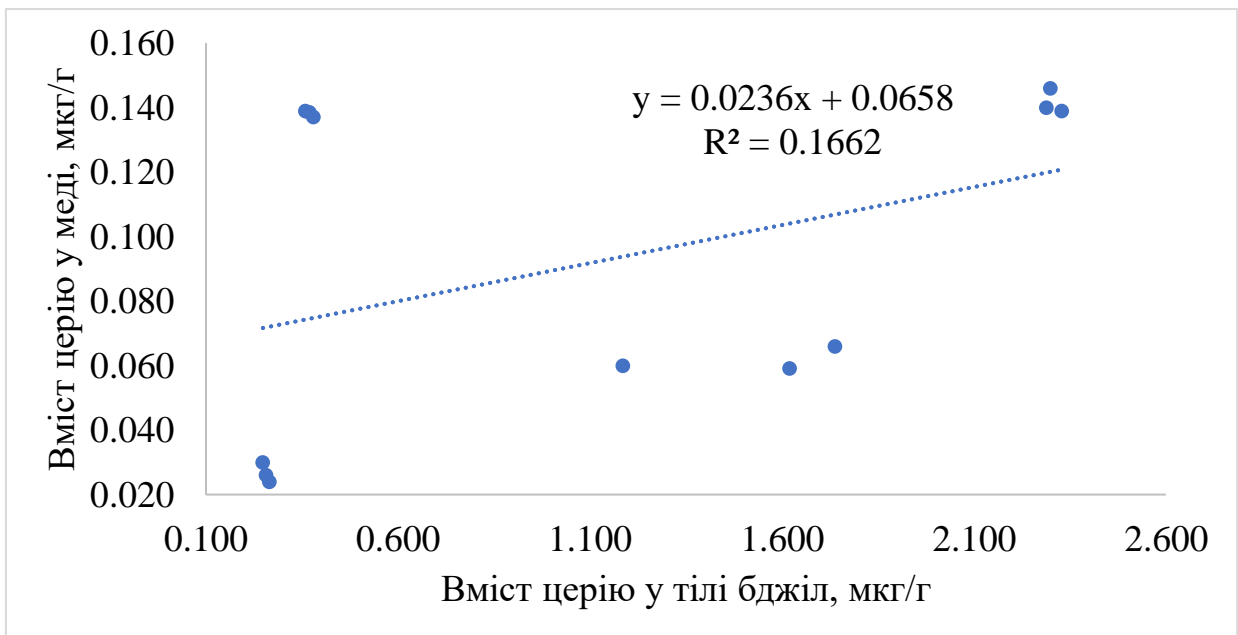


Рис. 3.13. Залежність вмісту церію у меді від його вмісту в тілі бджіл за підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду,  $n = 12$

Залежність вмісту церію у воску від його вмісту у меді, а також у меді від його вмісту у тілі бджіл значно нижча.

Таким чином можна зробити висновок, що церій за його надходження з медом в організм бджіл засвоюється і накопичується у тілі бджіл, меді і воску і не впливає на якість меду.

Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду впливає на мінеральний обмін в організмі бджіл, зокрема на обмін церію, магнію і селену і не впливає на вміст цинку. Надходження в організм бджіл наноцерію діоксиду в складі меду збільшує вміст церію і не впливає на вміст магнію, цинку і селену в меді та воску.

**3.4.2. Вплив підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду на якість продуктів бджільництва.** Проведеними дослідженнями встановлено, що у зрівняльний період досліду якість меду відповідає вимогам чинних нормативних документів за такими показниками як масова частка води, діастазна активність та вміст проліну ДСТУ 4497:2005 [162] (табл. 3.13). При цьому не виявлено вірогідної різниці між показниками якості меду між бджолиними сім'ями дослідної та контрольної груп.

**Таблиця 3.13**

**Якість меду бджолиного у зрівняльний період,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Масова частка води, %	18,63±0,35	18,26±0,83
Діастазна активність, од. Готе	9,28±0,63	11,25±0,96
Пролін, мг/кг	218,35±12,22	223,27±11,59

Підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду суттєво не впливала на масову частку води і вміст проліну в меді бджолиному, а також діастазну активність меду (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

**Якість меду бджолиного за підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Масова частка води, %	17,81±0,56	18,31±0,68
Діастазна активність, од. Готе	10,71±1,26	13,82±1,55
Пролін, мг/кг	271,85±35,32	264,28±51,29

Це свідчить про відсутність негативного впливу препарату наноцерію діоксиду на стан бджолиних сімей та їх медову продуктивність.

Не виявлено вірогідних розбіжностей щодо мінерального складу тіла бджіл у зрівняльний період дослідження (табл. 3.15). Так, вміст церію, магнію, цинку та селену у тілі бджіл не відрізнявся між сім'ями контрольної і дослідної груп.

Таблиця 3.15

**Мінеральний склад тіла бджіл у зрівняльний період,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$ , мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,33±0,07	0,34±0,08
Mg	420,78±71,84	439,20±71,82
Zn	29,81±6,43	26,11±2,34
Se	0,34±0,11	0,44±0,12

При цьому найвищим вмістом у тілі бджіл характеризувався магній, на другому місці серед досліджуваних мінеральних елементів знаходився цинк, а вміст церію і селену знаходився практично в однаковому діапазоні величин.

Таблиця 3.16

**Мінеральний склад тіла бджіл за підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$ , мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,31±0,04	0,88±0,12*
Mg	504,81±74,43	504,76±26,77
Zn	16,04±2,17	16,32±6,96
Se	0,54±0,05	0,41±0,07*

Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з контрольною групою

Підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду не впливала на вміст магнію і цинку у тілі бджіл, однак порівняно зі зрівняльним періодом вміст магнію у тілі бджіл збільшився, а цинку – знизився, що, ймовірно, більшою мірою пов'язано з мінеральним складом нектару та пилку рослин, які в цей період квітували (табл. 3.16).

Згодовування бджолиним сім'ям цукрового сиропу з добавкою наноцерію діоксиду сприяло збільшенню вмісту церію у тілі бджіл у 3,8 раза за одночасного зниження вмісту селену на 24,1 % порівняно з контролем. Це свідчить про здатність церію накопичуватись у тілі бджіл.

Аналіз мінерального складу меду бджолиного у зрівняльний період дослідження показав, що за вмістом церію, магнію, цинку і селену він не відрізнявся між контрольною та дослідною групами бджолиних сімей (табл. 3.17). При цьому слід відмітити, що із усіх досліджених елементів найбільшим вмістом характеризувався магній, оскільки він відноситься до макроелементів.

Таблиця 3.17

**Мінеральний склад меду бджолиного у зрівняльний період,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$ ,  
мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,013±0,002	0,015±0,004
Mg	15,52±3,17	14,69±1,16
Zn	0,60±0,15	0,74±0,14
Se	1,17±0,10	1,80±0,17

Підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду не впливала на вміст магнію, цинку і селену в меді, але збільшувала вміст церію у 19,1 раза порівняно з контролем (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

**Мінеральний склад меду бджолиного за підгодівлі бджолиних сімей  
цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду,  $x \pm SD$ ,  $n = 4$ , мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,014±0,002	0,268±0,031*
Mg	21,32±7,26	18,41±1,44
Zn	1,00±0,39	1,03±0,24
Se	1,79±0,14	1,51±0,23

Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з контрольною групою

Аналіз отриманих даних показав, що у меді бджолиному як контрольної, так і дослідної груп за згодовування цукрового сиропу з добавкою наноцерію діоксиду дещо збільшився вміст магнію і цинку порівняно з аналогічними

показниками у зрівняльний період, що, ймовірно, залежало від ботанічного складу медоносів і пилюконосів, які квітували в цей період.

Що стосується вмісту селену у меді, то порівняно зі зрівняльним періодом досліді він суттєво не змінювався як в контролі, так і дослідному варіанті.

Як показали розрахунки, між вмістом церію у тілі бджіл і меді існує сильна пряма кореляційна залежність ( $r=0,92$ ).

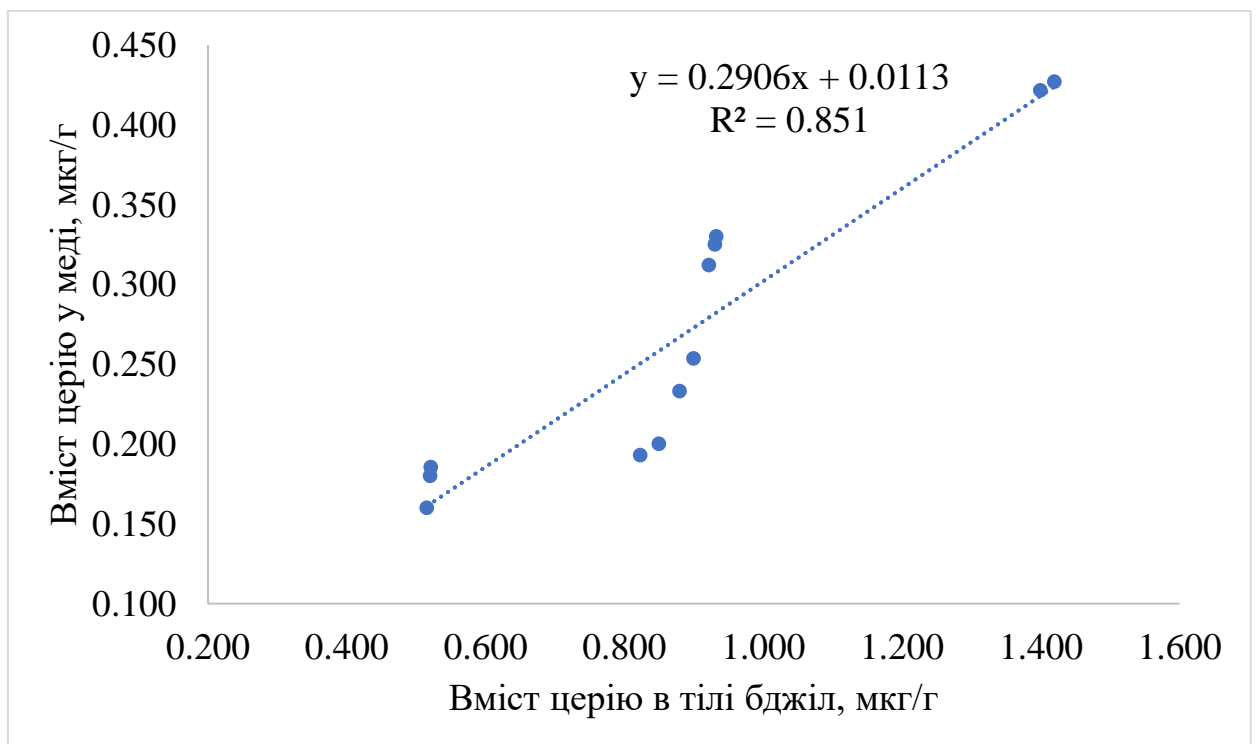


Рис. 3.14. Залежність вмісту церію у меді від його вмісту в тілі бджіл за підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду,  $n = 12$

При цьому величина достовірності апроксимації становила  $R^2=0,85$ , що вказує на те, що 85% всіх даних описують цю залежність (рис. 3.14).

Отримані дані свідчать, що накопичення церію у тілі бджіл сприяє його виділенню з секретом слинних залоз у мед.

Аналіз мінерального складу воску у зрівняльний період показав, що за вмістом церію, магнію, цинку і селену вірогідної різниці між бджолиними сім'ями контрольної і дослідної груп не було виявлено (табл. 3.17).



При цьому слід також відмітити, що аналогічно до мінерального складу тіла бджіл і меду у воску найбільший вміст займав макроелемент магній тоді як вміст цинку був нижчий, а вміст селену був на рівні його концентрації в меді. При цьому вміст церію у воску був нижчим ніж у тілі бджіл, але вищим ніж у меді.

Таблиця 3.17

**Мінеральний склад воску бджолиного у зрівняльний період,  $\bar{x} \pm SD$ , n = 4, мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,053±0,003	0,064±0,012
Mg	138,40±20,75	146,10±35,20
Zn	11,64±3,18	13,47±2,37
Se	1,52±0,40	1,61±0,42

Підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду суттєво не вплинула на вміст магнію і цинку у воску, але сприяла збільшенню вмісту церію в 1,5 раза та селену в 1,9 раза порівняно з аналогічними показниками контрольної групи (табл. 3.18).

Порівняно зі зрівняльним періодом дослідження мінеральний склад воску змінювався як у сім'ях контрольної, так і дослідної груп. Так відмічено деяке зниження вмісту магнію на тлі збільшення вмісту церію і цинку у воску як бджолиних сімей контрольної, так і дослідної груп.

Кореляційний аналіз показав лінійну залежність середнього ступеня між вмістом церію у тілі бджіл і воску ( $r=0,65$ ).

Величина достовірності апроксимації становила  $R^2=0,42$ , що вказує на те, що 42% всіх даних описують цю залежність (рис. 3.15).

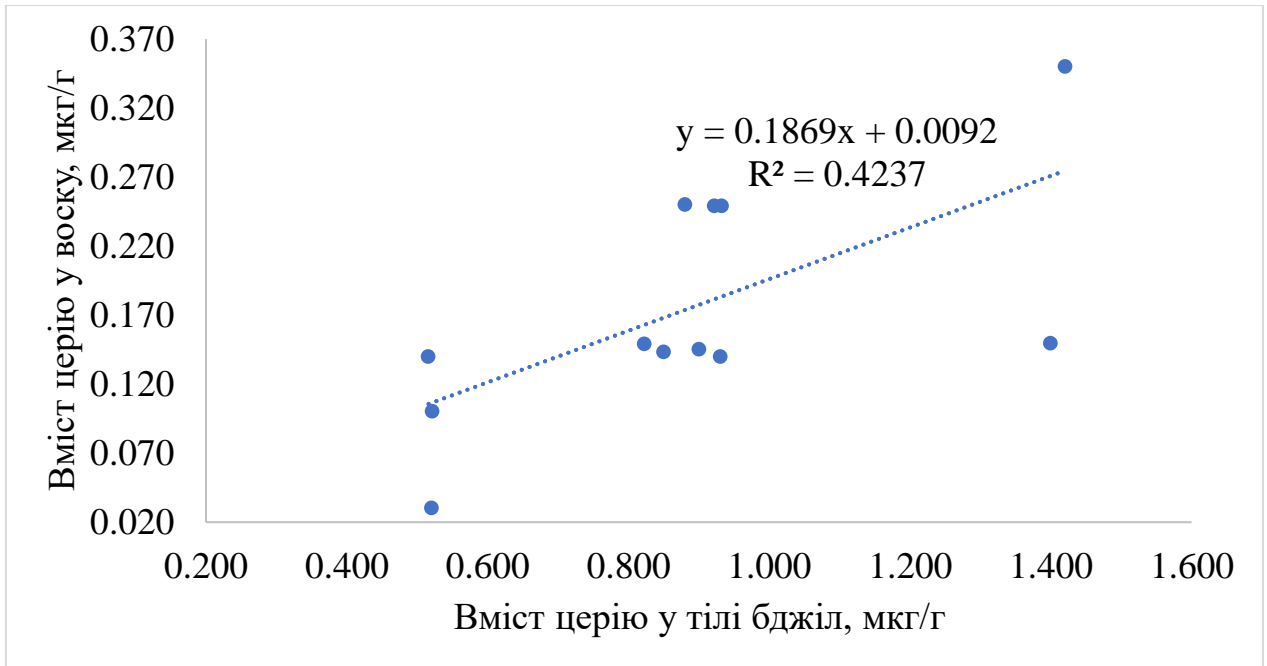


Рис. 3.15. Залежність вмісту церію у воску від його вмісту в тілі бджіл за підгодовлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду,  $n = 12$

Таким чином, з отриманих розрахунків видно, що вміст церію у продуктах бджільництва, зокрема меді і воску залежить від надходження його в організм і мінерального складу тіла бджіл.

**Таблиця 3.18**

**Мінеральний склад воску бджолиного за підгодовлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду,  $\bar{x} \pm SD$ ,  $n = 4$ , мкг/г**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Ce	0,080±0,017	0,121±0,041*
Mg	127,33±7,59	117,11±4,99
Zn	14,28±2,91	18,72±6,07
Se	0,95±0,33	1,81±0,15*

Примітка: \* –  $p \leq 0,05$  порівняно з контрольною групою

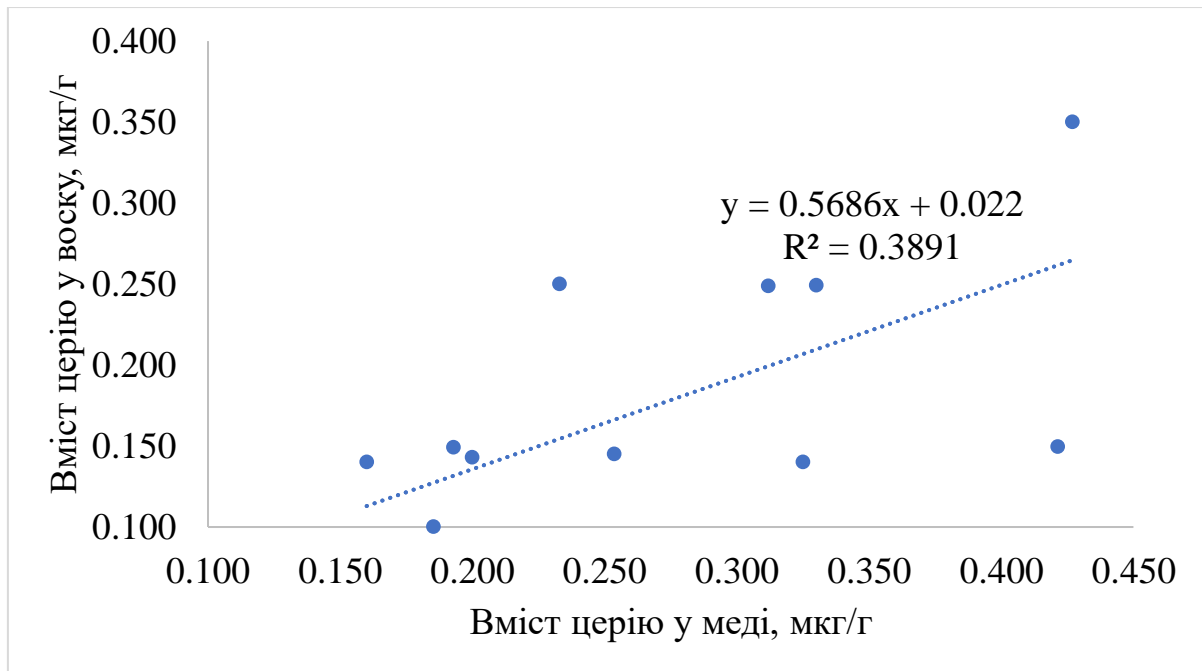


Рис. 3.16. Залежність вмісту церію у воску від його вмісту в меді за підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду,  $n = 12$

Виявлено також залежність вмісту церію у меді від його вмісту у воску середнього ступеня ( $r=0,62$ ). Величина достовірності апроксимації становила  $R^2=0,39$ , що вказує на те, що лише 39 % всіх даних описують цю залежність (рис. 3.16).

Таким чином, доведено, що підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду сприяє накопиченню церію у тілі бджіл і продуктах бджільництва таких як мед і віск.

Виявлений кореляційний зв'язок між вмістом церію у тілі бджіл і меді та тілі бджіл і воску, що свідчить про здатність наноцерію діоксиду засвоюватись в організмі бджіл як за підгодівлі медом, так і за підгодівлі цукровим сиропом з наступним виділенням з секретами слинних залоз у продукти бджільництва.

Виявлена кореляційна залежність між вмістом церію у меді і воску за його надходження в організм бджіл з медом чи цукровим сиропом також свідчить про його високу здатність до циркуляції між організмом бджіл та продуктами, які вони виробляють, зокрема медом і воском.

При цьому наноцерію діоксид у дозі 1 мМ за згодовування бджолам з медом чи цукровим сиропом протягом двох тижнів не проявляв суттєвого впливу на якість меду, а також вміст магнію, цинку та селену в продуктах бджільництва.

## РОЗДІЛ 4

### АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Запилення потрібне для приблизно 35% світового виробництва продуктів харчування, і медоносні бджоли (*Apis mellifera*) є єдиними запилювачами, якими успішно керують у великих масштабах [29]. 40 % безхребетних запилювачів знаходяться під загрозою зникнення, і навіть керовані колонії медоносних бджіл вимирають високими темпами протягом кількох десятиліть [133]. Постійне погіршення здоров'я популяцій комах-запилювачів ставить під загрозу глобальну продовольчу безпеку та економічну стабільність.

Загибель колоній медоносних бджіл є складним явищем, яке можна пояснити багатьма біотичними та абіотичними факторами, а також взаємодією між ними [60]. Наявність токсикантів та збудників інвазійних та інфекційних хвороб, особливо вірусної природи і їх циркуляція в навколишньому середовищі суттєво погіршують стан здоров'я колоній медоносних бджіл і можуть збільшити їх втрати [98]. Одними з найбільш небезпечних є патогенні віруси, зокрема вірус мішечкуватого розплоду, який є суттєвою загрозою для колоній медоносних бджіл, що спричиняє зниження продуктивності бджолиних сімей, якості і безпечності продуктів бджільництва.

Вважають, що більшим попитом серед споживачів меду користуються монофлорні меди. Одним з найбільш поширених сортів меду, який користується значним попитом у споживачів України, є липовий, якість якого залежить від багатьох факторів, зокрема і від стану бджолиних сімей.

Натуральний липовий мед є цінним джерелом біологічно активних речовин, оскільки він збагачений вуглеводами, тому легко і швидко засвоюється організмом, перетворюється на пластичні та енергетичні речовини [94]. На першому етапі визначення ботанічного походження меду важливо оцінити органолептичні показники з визначенням властивостей, властивих монофлорному липовому меду: аромату, кольору, смаку, консистенції. Мед з липи повинен мати специфічний смак, мати своєрідний

яскраво виражений аромат липового цвіту. За ароматом меду певною мірою можна судити про його сорт і якість. Мед, отриманий від бджіл, яких годують цукровим сиропом, не містить органічних летких речовин і тому не має аромату, характерного для квіткового меду. Він менш солодкий, ніж квітковий.

Органолептичними дослідженнями (див. рис. 3.1) встановлено, що з наданих 78 проб липового меду за консистенцією всі відповідали типовим характеристикам липового меду. При цьому 11 проб меду не відповідали за кольором притаманним липовому меду, оскільки вони мали темний колір, а 21 пробу меду за смаковою пробою віднесено до липового меду (11 проб мали менш виражений смак або взагалі не мали специфічного аромату для липового меду).

Отримані нами результати досліджень свідчать, що за органолептичними показниками від 66 до 100% проб меду відповідали типовим показникам липового меду.

Одним з показників якості меду є вміст у ньому вологи. Вміст вологи в меді оцінюється за відсотковим вмістом води в меді і регламентується ДСТУ 4497:2005 [162]. Вологість меду безпосередньо залежить від його зрілості, а також від умов зберігання. Незрілий продукт має високу вологість (понад 20 %), тому непридатний для тривалого зберігання і швидко псується. Дозрілий мед містить в середньому 18-20 % води.

Надлишок води може різко знизити корисні якості і термін зберігання меду. Продукт може «бродити», перетворюючись на пінисту масу або швидко тверднути (кристалізуватися). Такі негативні наслідки безпосередньо залежать від відхилення від норми відсоткового вмісту води в меді [135].

Аналіз отриманих нами результатів досліджень липового меду (див. рис. 3.2) показав, що масова частка води становила від 16,7 до 19,6 %, яка відповідає вимогам вітчизняних та міжнародних нормативних документів.

У меді виявлено понад 180 речовин, але його користь для організму людини пов'язана насамперед із наявністю ферментів, які вносять бджоли під

час переробки нектару. Діастаза – група ферментів, до складу якої входять  $\alpha$ - і  $\beta$ -амілази, кількість яких залежить від рослинного походження нектару і є показником його натуральності [15, 68]. У липовому меді активність діастази не може бути високою, але повинна бути не нижче 11,0 одиниць Готе.

Як показали результати наших досліджень, діастазна активність меду з вмістом пилоквих зерен липи знаходилася в широких межах від 10,1 до 45,8 од. Готе (див. рис. 3.2). Встановлено, що серед проаналізованих проб липового меду, діастазне число зменшується відповідно до збільшення кількості пилоквих зерен липи.

Співвідношення сахарози і редукуючих цукрів у меді характеризує мед за його зрілістю та якістю і може бути одним із показників ботанічного походження меду. У всіх сортах меду вміст сахарози не повинен перевищувати 5,0 %. Як видно з одержаних даних, вміст редукуючих цукрів у досліджуваних пробах меду коливався від 81,7 до 87,7 %, а сахарози від 2,8 до 3,9 %, що відповідає чинним вимогам.

Електропровідність є параметром, включеним у нові міжнародні стандарти щодо відмінностей між падевим і нектарним медом. Межі цього параметра, встановлені чинними вимогами для всіх видів меду і їх купажів (суміші), повинні мати не більше ніж 0,8 мС/см у випадку чистого квіткового меду за деякими винятками. Наші дослідження показали, що під час аналізу проб липового меду його електропровідність коливалася від 0,305 Мс/см до 1,102 Мс/см, що в окремих пробах перевищувало нормативну величину. У середньому у монофлорному липовому меді за наявності пилоквих зерен липи 30% і більше середня електропровідність знаходилася в діапазоні рекомендованих значень (див. рис. 3.2).

Мед з вмістом пилоквих зерен липи менше 30 % відповідав у всіх пробах чинним нормативним вимогам за вмістом води, діастазною активністю, масовою часткою редукованих цукрів, сахарози та електропровідністю (див. рис. 3.3).

При цьому слід відмітити, що за всіма вище переліченими показниками проби меду з вмістом пилкових зерен понад 30% суттєво не відрізнялися від медів з вмістом пилкових зерен менше 30% за винятком діастазної активності, яка в меді з вмістом пилкових зерен липи менше 30% була вищою порівняно з аналогічним показником меду з вмістом пилкових зерен липи понад 30%.

За вмісту пилкових зерен від 30 до 89 % діастазне число липового меду знаходилося майже на одному рівні, а при зменшенні кількості пилкових зерен липи до 15% активність діастази була вищою на 36,6% порівняно з аналогічним показником у меді з вмістом пилкових зерен липи 30%, що може бути пов'язано з надходженням у мед ферментів з інших медоносів, ботанічний склад яких був ідентифікований.

Отримані результати досліджень не співпадають з даними інших вчених, які досліджували діастазне число медів, вироблених в Україні [6]. За їх даними середнє діастазне число на рівні 19–25 од. Готе мали липовий, квітковий (травневий) та мед з різнотрав'я. У наших дослідженнях липовий мед характеризувався значно нижчим діастазним числом. Діастазне число змінюється в межах одного сорту меду, що, ймовірно, зумовлено географічним походженням меду, а також складом ґрунтів, рівнем опадів, відмінностями клімату, які в різні роки мають певні особливості.

Підтвердження натуральності монофлорного меду з липи передбачає дослідження вмісту в ньому проліну, відношення вмісту глюкози до фруктози та ботанічного походження за пилковим складом. Пролін є основною амінокислотою, яка надходить до меду під час ферментативної обробки і служить індикатором натуральності та зрілості меду [153]. Слід зазначити, що вміст проліну в меді повинен бути не менше 180 мг/кг відповідно до національних і міжнародних нормативних вимог.

Отримані результати досліджень показали, що вміст проліну в пробах липового меду коливався від 239,0 мг/кг до 471,0 мг/кг і залежав від кількості пилкових зерен липи в меді. У липовому меді з вмістом пилкових зерен більше



30 % середній вміст проліну був на 24,5 % нижчий порівняно з медом в якому вміст пилок зерен складав менше 30 % (див. рис. 3.4).

Доведено також, що зі збільшенням вмісту пилок зерен липи у меді знижується вміст проліну і він наближається до поліфлорного (див. рис. 3.5). Результати досліджень свідчать про залежність вмісту проліну у меді від ботанічного складу нектару і пилку. Кількість пилок зерен липи в меді є також свідченням наявності в зоні льотної активності бджіл насаджень липи і інших медоносів чи пилокосів.

Одними з важливих показників якості меду є співвідношення вмісту фруктози до глюкози. Вміст фруктози в меді коливається від 21 до 43 %, а співвідношення фруктоза/глюкоза від 0,4 до 1,6 або навіть вище. Хоча фруктоза є найсолодшим природним підсолоджувачем, вона має глікемічний індекс 19 порівняно з глюкозою, яка має 100, або сахарозою (рафінований цукор) із 60 [43].

Співвідношення вмісту фруктози до глюкози в меді, який було використано в нашому дослідженні, коливалося від 0,88 до 1,28, що узгоджується з вище наведеними даними. Крім того, співвідношення фруктози до глюкози у пробах меду з вмістом пилку липи менше 30% коливалося від 0,88 до 1,1 (див. рис. 3.6). У пробах меду з вмістом пилок зерен липи понад 30 % співвідношення фруктози до глюкози коливалося від 1,1 до 1,28. При цьому вірогідної різниці між пробами меду з різним вмістом пилок зерен липи не було виявлено.

Ботанічний склад пилок зерен у меді показав, що вміст пилок зерен липи в цих пробах коливався в діапазоні від 3,0 до 89,0 %. У 10 пробах липового меду містився пилок родини бобових (6,2 – 29 %) таких як: конюшина (*Trifolium spp.*), вика мишачий горох (*Vicia cracca*), а також буркун білий (*Melilotus albus*).

Отже, проби липового меду, які були піддані аналізу на відповідність щодо його якості відповідали вимогам чинних нормативних документів [162, 165].

На стан бджолиних сімей впливає значна кількість факторів, що в кінцевому результаті визначає їх продуктивність, якість і безпечність продуктів бджільництва. До найбільш небезпечних патогенів, здатних викликати загибель цілих популяцій бджіл медоносних відносяться віруси, зокрема вірус мішечкуватого розплоду.

Відомо, що вірус мішечкуватого розплоду – це перший вірус, ідентифікований у медоносних бджіл [154], і він залишається одним із найрозповсюдженіших вірусів бджіл у світі [20, 34].

За враження у природних умовах розплоду бджіл вірусом мішечкуватого розплоду (кількість личинок на стільник становила від 10 до більше 50) визначили вплив одночасного перорального застосування та обробки поверхні тіла бджіл наноцерію діоксидом у концентрації 2,9 мМ. Встановлено, що після 4-кратного згодовування бджолиним сім'ям 2,9 мМ наноцерію діоксиду у складі 50 % цукрового сиропу (у об'ємі 1 л на сім'ю) з одночасним обприскуванням тіла бджіл та розплоду його водним розчином в цій же концентрації з інтервалом 7 діб із розрахунку 10 мл на вулик, ступінь ураження сімей вірусом мішечкуватого розплоду був середнім і становив 10–50 личинок на стільник та не змінювався протягом періоду спостережень. У бджолиних сім'ях контрольної групи, оброблених тільки водою, ступінь ураження мішечкуватим розплодом був сильним і становив понад 50 личинок на стільник.

Виявлений незначний антивірусний ефект наноцерію діоксиду у бджолиних сім'ях в умовах пасіки може бути зумовлений особливістю біології бджіл, що не виключає перспектив для його подальшого випробування у визначених концентраціях та схемах застосування (пероральне введення) за інфекційних захворювань бджіл.

Досліджень механізму дії наноцерію діоксиду на організм корисних комах практично немає, однак було проведено вивчення його в якості потужного антиоксиданта на китайському крабі-рукавиці (*Eriocheir sinensis*). Встановлено, що підгодівля крабів наноцерію діоксидом у дозах 0, 0,2, 0,4, 0,8,

1,6, 3,2, 6,4 або 12,8 мг/кг протягом 60 днів по-різному впливала на їх організм. Виявлено, що оптимальний рівень добавки наноцерію діоксиду в корм крабам, який значно збільшив швидкість приросту ваги та знизив кормовий коефіцієнт, становив 0,8 мг/кг. Цей рівень також забезпечував імунний захист, коли крабів утримували під впливом аміачного азоту та/або піддавали впливу патогенної інфекції (*Aeromonas hydrophila*). Додавання наноцерію діоксиду в дозі 0,8 мг/кг корму полегшило патологічне пошкодження гепатопанкреаса, сприяло збільшенню кількості гемоцитів, включаючи загальну кількість гемоцитів, гранулоцитів і гіаліноцитів і зниження вмісту малонового діальдегіду та підвищення активності антиоксидантних ферментів супероксиддисмутази та каталази в гемолімфі, а також підвищення активності лізоциму, кислої фосфатази та лужної фосфатази в гемолімфі крабів. Смертність зросла, коли крабам вводили бактерії під впливом аміачного азоту, але дієтична добавка з вмістом наноцерію діоксиду 0,8 мг/кг знизила рівень смертності. Таким чином, результати цього дослідження свідчать про те, що кормова добавка наноцерію діоксиду сприяє росту та посилює імунітет до бактеріальної інфекції під впливом аміачного азоту у крабів [122].

Слід зазначити, що особливістю інфекційного процесу, викликаного вірусом мішечкуватого розплоду, є здатність вірусу інфікувати бджіл як вертикально, так і горизонтально, а вірусні частки, присутні на пилку, мертвих личинках, чи в меді, є заразними протягом 4-х тижнів [22]. Тобто доросла бджола, збираючи інфікований пилко, транспортує вірус мішечкуватого розплоду у вулик. Подальше інфікування усієї бджолиної сім'ї може відбуватись при споживанні такого пилку та через зараження бджіл-годувальниць [156]. Інші здорові бджоли-годувальниці можуть заразитись при чистці вулика та видаленні інфікованих личинок. Тобто весь інфекційний процес, який здатний викликати вірус мішечкуватого розплоду бджіл пов'язаний із харчовим ланцюжком у бджолиній сім'ї. Саме тому пероральне застосування препаратів, що здатні забезпечувати стійкість до вірусу

мішечкуватого розплоду бджіл, є вирішальним (на відміну від обробки поверхні тіла бджіл).

Оскільки умовою проникнення вірусу мішечкуватого розплоду всередину клітини є кисла величина рН [54], а рН золю наноцерію діоксиду зміщений у лужний діапазон (7,8–8,2), його пероральне застосування у складі 50% цукрового сиропу в рамках підгодівлі бджолиних сімей теж може справляти гальмівний вплив на інфекційний процес, викликаний вірусом мішечкуватого розплоду бджіл. Зважаючи на те, що у *Apis mellifera* відсутній адаптивний імунітет [31], основні складові їх антиінфекційного захисту – вивільнення антимікробних пептидів, фагоцитоз, меланізація та ферментативне руйнування патогенів [51]. У відповідь на інфікування вірусом мішечкуватого розплоду у бджіл також активується РНК-інтерференція [65, 99]. Зважаючи на дані [107] щодо мінімальної віруліцидної дії наноцерію діоксиду проти вірусів, які не мають суперкапсиду, а вірус мішечкуватого розплоду належить до їх числа, антивірусна ефективність наноцерію діоксиду може бути пов'язана саме із впливом на неспецифічну ланку антиінфекційного захисту.

Звичайно, радикальним способом гальмування поширення інфекції у бджолиній сім'ї є припинення репродукції, оскільки найбільш чутливими до вірусу мішечкуватого розплоду є личинки, що й зумовлює сезонні спалахи інфекційного процесу. У інфікованій бджолиній сім'ї рекомендують стерилізувати стільники та вулик, видаляти стільники з хворим розплодом для зменшення горизонтальної передачі вірусу мішечкуватого розплоду. З точки зору вертикальної передачі збудника ізоляція матки на 10–14 днів чи її заміна на молоду і здорову справляє суттєвий позитивний вплив на стан здоров'я бджолиної сім'ї [5]. В попередні роки, коли спостерігалось враження бджолиних сімей аскоферозом та вірусом мішечкуватого розплоду, нами було підтверджено ефективність такого підходу, що дозволило рекомендувати для оздоровлення бджолиних сімей технологічний прийом «Безрозплідний період на термін виведення нових маток».

Дослід за природних умов проведено в період із серпня по листопад 2021 р. Оскільки в лабораторних умовах згодовування бджолам препарату наноцерію діоксиду з цукровим сиропом та обробка поверхні тіла бджіл його водним розчином гострої токсичності не мали, а пероральне застосування мінімальної дослідженої концентрації супроводжувалось статистично значущим збільшенням показників середньої гармонічної тривалості життя та тривалості виживання 50 % бджіл, для виявлення можливого антивірусного ефекту наноцерію діоксиду у бджолиних сім'ях за природних умов була застосована саме концентрація 2,9 мМ. Отримані нами результати досліджень узгоджуються з даними інших вчених, які зазначають, що застосування макро- і мікроелементної підгодівлі бджолиних сімей наносполуками, зокрема цитратами мікроелементів таких як Cr, Se, Ge не викликає «сольового» токсикозу і підвищує життєздатність бджіл [164].

Було продемонстровано дозозалежний противірусний ефект наносполук церію для вірусу везикулярного стоматиту, який проникає в клітину шляхом ендоцитозу при низькому рН. Гістидин-функціоналізовані наносполуки церію були найбільш стабільними та мали підвищену здатність зменшувати цитопатичний ефект вірусу. Була зроблена спроба пояснити спостережувані явища з точки зору фізики синтезованих частинок і біології взаємодії вірусу з клітиною. Однак ці дослідження проведені на культурах клітин, що не дає можливості повної інтерполяції на організм комах, зокрема бджіл [47].

Зважаючи на те, що згодовування бджолам наноцерію діоксиду з 50 % цукровим сиропом та обробка тіла бджіл його водним розчином у концентраціях 58 мМ; 29 мМ; 5,8 мМ не виявляли гострої токсичної дії, а також на підставі отриманих у лабораторних умовах даних щодо збільшення середньої гармонічної тривалості життя та тривалості виживання 50 % бджіл, згодовування бджолам цукрового сиропу разом з наноцерію діоксидом у концентрації 2,9 мМ чи нижче можна рекомендувати для подальшого дослідження на бджолиних сім'ях на предмет лікувальних та профілактичних властивостей наноцерію діоксиду під час зимівлі.

Проведеними дослідженнями встановлено, що кількість підмору в дослідних бджолиних сім'ях практично не відрізнялась від такого в контролі, де сім'ї отримували сироп без препаратів, а отже згодовування бджолам разом з цукровим сиропом наноцерію діоксиду в концентрації 0,05 % не мало негативного впливу на стан зимівлі бджолиних сімей, оціненого за кількістю підмору в дослідних бджолиних сім'ях. Кількість підмору в дослідних сім'ях практично не відрізнялась від такого в контролі, де сім'ї отримували сироп без препарату.

Спостереження за дослідними бджолиними сім'ями в весняно-літній сезон показало, що прояв мішечкуватого розплоду в піддослідних сім'ях, включаючи контрольні, спостерігався в сильному ступені відразу після закінчення квітування весняних нектароносів (початок червня – після квітування акації білої) (див. табл. 3.4). Тобто нанорозмірний церію діоксид не володіє вираженим протівірусним пролонгованим ефектом навіть за поєднання його дії препаратів тривалим (1,5–2,5 місяці) зимовим безрозплідним періодом. Це дозволяє припустити, що в даному експерименті матки були носіями інфекції, які трансovarіально її передавали наступним поколінням, що узгоджується з даними літератури про статевий шлях передачі збудника мішечкуватого розплоду [115, 119]. Отже, зимового безрозплідного періоду не було досить для оздоровлення бджолиних сімей за враження їх вірусом мішечкуватого розплоду.

Отримані результати деякою мірою були передбачуваними, зважаючи на те, що й інші дослідники не змогли запропонувати досить дієвих засобів для оздоровлення бджіл за мішечкуватого розплоду. Беручи до уваги, що в комах не утворюються антитіла до збудників перенесених захворювань, а гуморальний імунітет є слабким для їх захисту, викликає сумнів можливість оздоровлення бджіл за мішечкуватого розплоду «пасивною імунізацією» антитілами IgE, що виробляються в курей після введення їм інактивованого вірусу мішечкуватого розплоду [138]. Не мали добре вираженого оздоровчого

ефекту за мішечкуватого розплоду більше ніж 10 досліджених рослин і рослинних кормових добавок із вітамінами групи В [72, 139].

Найбільший істотний позитивний результат за мішечкуватого розплоду показала ізоляція матки для запобігання відкладанню нею яєць, або заміна старої матки на нову молоду, що зменшує ризик передачі збудника вірусу від матки до розплоду [152].

Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду суттєво не впливала на основні показники якості, зокрема на масову частку води і вміст проліну в меді бджолиному, однак виявлено тенденцію до підвищення діастазної активності меду, отриманого від бджолосімей дослідної групи порівняно з аналогічними показниками меду, отриманого від бджолосімей контрольної групи (див. табл. 3.6).

Використання для підгодівлі бджіл меду з добавкою наноцерію діоксиду показало, що концентрація мінеральних елементів у тілі бджіл зазнала суттєвих змін (див. табл. 3.8). Так, вміст церію в тілі бджіл дослідної групи зріс у 6,2 раза порівняно з аналогічним показником у бджіл контрольної групи, де його значення знаходилось практично на рівні зрівняльного періоду. Це свідчить про те, що наноцерію діоксид, який надходив в організм бджіл з медом, засвоювався і відкладався в їх тілі.

Як видно з даних, наведених у табл. 3.8, вміст магнію у тілі бджіл за підгодівлі медом з добавкою наноцерію діоксиду знизився на 13,8 % порівняно з контрольною групою. Аналогічних змін зазнавав і вміст цинку в тілі бджіл за підгодівлі медом з добавкою наноцерію діоксиду. При цьому його рівень у тілі бджіл дослідної групи знизився на 14,5 % порівняно з контрольною групою. Аналогічних даних щодо впливу препаратів церію на мінеральний склад тіла бджіл у науковій літературі немає, однак є дослідження щодо вивчення впливу наносполук цитрату срібла і міді, які проведені на медоносних бджолах карпатської породи. Бджолам дослідної (II) групи додатково до сиропу додавали нанопрепарат срібла у вигляді цитрату в кількості 0,5 мг/л цукрового сиропу, III дослідній групі – 1 мг/л, IV група

отримувала з цукровим сиропом нанопрепарат міді у вигляді цитрату в кількості 0,5 мг/л і V – 1 мг/л. Мікроелементи вводили до цукрового сиропу, дослідний період тривав 28 діб з інтервалом підгодовлі 7 діб. В організмі бджіл виявили збільшення вмісту Fe, Co, Cr на тлі вірогідного зниження Zn відносно контролю. Відмічено зниження вмісту Pb у тканинах організму всіх дослідних груп бджіл з вираженою вірогідністю у IV і V дослідних групах ( $p < 0,02$ ), а також зберігалася тенденція до зниження рівня Cd у тканинах організму всіх дослідних груп бджолиних сімей порівняно з контрольною групою [161]. Крім того виявлено, що мінеральні елементи, які застосовуються для підгодовлі бджолиних сімей у вигляді наночасток, по-різному накопичуються в різних частинах тіла медоносних бджіл [82].

Надходження в організм бджіл наночерію діоксиду в складі меду сприяло збільшенню вмісту черію у меді у 8,6 раза порівняно з аналогічними показниками контрольної групи (див. табл. 3.10). При цьому не виявлено суттєвого впливу препарату наночерію на вміст магнію, цинку та селену у меді бджолиному.

Відомо, що мінеральні елементи, присутні в меді, поділяються на дві групи, зокрема на макроелементи (кальцій, калій, магній, натрій) та мікроелементи або важкі метали (залізо, марганець, мідь, цинк, нікель, свинець, кадмій) [87]. Мінеральний склад меду коливається від 0,02 % до 1,03 % і являє собою золу меду [76]. Мікроелементи – неорганічні сполуки, важливі для життєдіяльності організму людини [18].

Такі елементи, як Fe, Mn, Zn, Cu та Ni, необхідні для нормального функціонування людського організму, але перевищення максимально допустимих норм, дозволених чинним законодавством, може бути небезпечним для здоров'я людини [13]. Кадмій, свинець, нікель мають канцерогенні та цитотоксичні властивості, тому їх наявність у меді неприпустима [81]. Вміст мінералів і важких металів є показником не лише якості, але й безпечності меду, особливо через токсичність слідів важких металів в організмі людини [108].



Рівні мінеральних елементів у меді залежать від ботанічного та географічного походження [89]. На концентрацію важких металів у меді також впливає склад ґрунту [109]. Кальцій, калій, натрій і магній є основними макроелементами меду і складають понад 97% від загального вмісту мінералів [96].

Як видно з вище наведених досліджень, більшість авторів не надають важливого значення контролю вмісту церію не лише у меді, але й в інших продуктах бджільництва, тому наші результати досліджень важко порівняти з іншими даними.

Отримані нами дані свідчать про залежність вмісту церію в тілі бджіл і меді, який вони виробляють. Як показали розрахунки, коефіцієнт кореляції між вмістом церію в тілі бджіл і в меді складає  $r=0,41$ , що свідчить про середній ступінь залежності. Величина достовірності апроксимації за даних умов становила  $R^2=0,178$ , тобто лише 18 % дослідних даних описують цю залежність. Для уточнення цієї закономірності необхідно використати більшу вибірку і розширити діапазон доз наноцерію, що дасть можливість отримати об'єктивні дані.

Отримані нами результати досліджень щодо вмісту цинку і магнію співпадають з даними щодо мінерального складу квіткового і купажного медів із Східної, Західної та Центральної Словаччини. За даними цих досліджень вміст цинку у досліджуваних пробах медів коливався в межах 0,25-3,82 мг/кг, магнію відповідно 0,10-50,43 мг/кг. В середньому вміст мікроелементів у медах зменшувався в порядку:  $Ca > Mg > Zn > Cu > Ni$  [73].

Дані, отримані дослідниками з різних регіонів Туреччини, також свідчать про значну варіацію вмісту мінеральних елементів у медах, який залежить від джерела нектару, медвяної роси, пилку та умов навколишнього середовища. Мінімальний і максимальний рівні елементів у медах, зазначені в мкг/г сирої ваги, були такими: Cr: 0,126-7,964, Cu: 0,223-198,361, Fe: 3,506-1278,778, Mg: 5,830-309,783, Mn: 0,096-29,496, Se: 0,418-19,879, Zn: 1,734-245,205, Cd: 0,000-0,297, Pb: 0,000-3,035, Al: 0,775-155,585 [17].

Як видно з вище наведених даних, автори більшою мірою зважали на вміст у медах макро-, мікроелементів і важких металів, тоді як вміст церію та інших рідкоземельних елементів не взято до уваги.

Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду практично не впливала на вміст магнію, цинку і селену у воску порівняно з контрольною групою (див. табл. 3.12). Однак надходження наноцерію в організм бджіл сприяло збільшенню вмісту церію в бджолиному воску в 1,9 раза порівняно з контролем. Отримані дані показали сильний ступінь залежності вмісту церію у воску від його вмісту в тілі бджіл –  $r=0,77$ . Лінія регресії показує, що між вмістом церію у воску і тілі бджіл існує прямий лінійний зв'язок (див. рис. 3.11). Величина достовірності апроксимації наближається до 1 і дорівнює  $R^2=0,78$ , тобто 78 % дослідних даних описують цю залежність.

Аналогічно до показників контролю безпечності меду і воску бджолиному більшість авторів рекомендують визначати дві групи мінеральних елементів: важкі метали – як потенційні забруднювачі і мікроелементи – як важливі нутрієнти. В дослідженні було визначено концентрації десяти елементів (Cr, Pb, Cu, Ni, Fe, Zn, Mn, Sr, Rb, Ca) у бджолиному воску із стільників з трьох пасік у континентальній Хорватії. Результати досліджень показали, що на мінеральний склад воску більшою мірою впливав вік стільника та/або географічне походження (що демонструє різні рівні впливу забруднення навколишнього середовища), тоді як вплив джерела підгодівлі чи окремих мінеральних компонентів практично не досліджено [56, 66].

У нашому експерименті доведено, що за підгодівлі бджіл медом з добавкою наноцерію діоксиду концентрація церію у воску мала лінійну залежність від його вмісту в меді і була середнього ступеню ( $r=0,47$ ). Величина достовірності апроксимації становила  $R^2=0,22$ , яка підтверджує, що лише 22 % дослідних даних описують цю залежність. Для більш точного підтвердження

цієї закономірності необхідно провести дослідження з більшою вибіркою експериментальних даних.

Виявлено, що надходження в організм бджіл меду з добавкою наноцерію діоксиду сприяє виникненню прямої лінійної залежності між вмістом церію у тілі бджіл і меді середнього ступеня ( $r=0,41$ ). Що стосується величини достовірності апроксимації, то вона становила  $R^2=0,17$ , що вказує на досить незначну кількість дослідних даних, які описують цю залежність і для уточнення даної закономірності необхідно взяти більшу вибірку експериментальних досліджень, а також більший діапазон доз наноцерію у кормі, що використовується для підгодівлі бджіл.

Отже вміст церію у воску, який виробляють бджоли під впливом згодовування меду з добавкою наноцерію діоксиду, найбільше залежить від його вмісту в тілі бджіл, тоді як залежність вмісту церію у воску від його вмісту у меді, а також у меді від його вмісту у тілі бджіл значно нижча.

Наноцерію діоксид за його надходження з медом в організм бджіл засвоюється і накопичується в тілі бджіл, меді і воску, але не проявляє суттєвого впливу на якість меду.

Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду впливає на мінеральний обмін в організмі бджіл, зокрема на обмін церію, магнію і селену і не впливає на вміст цинку. Надходження в організм бджіл наноцерію діоксиду в складі меду збільшує вміст церію і не впливає на вміст магнію, цинку і селену в меді і воску.

Вид підгодівлі для бджіл може суттєво впливати на засвоєння не лише багатьох органічних речовин, але й мінеральних компонентів, зокрема церію. Визначення впливу підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою церію певною мірою дасть можливість оцінити ефективність його засвоєння і вплив на стан бджіл.

Мінеральний склад тіла бджіл у зрівняльний період досліду за застосування підгодівлі цукровим сиропом не відрізнявся між групами (див. табл. 3.15), що пов'язано з однаковими умовами утримання, а також одним і

тим же ареалом збору нектару і пилку бджолами дослідних і контрольних сімей у період квітання ентомофільних рослин. Вміст церію, магнію, цинку та селену у тілі бджіл не відрізнявся між сім'ями контрольної і дослідної груп.

При цьому найвищим вмістом у тілі бджіл характеризувався магній, на другому місці серед досліджуваних мінеральних елементів знаходився цинк, а вміст церію і селену практично знаходився в однаковому діапазоні величин.

Проведеними дослідженнями доведено, що підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду не впливала на вміст магнію і цинку у тілі бджіл порівняно з контролем, хоча певні відмінності порівняно зі зрівняльним періодом у мінеральному складі відмічали, що більшою мірою пов'язано з періодом квітання ентомофільних рослин (див. табл. 3.16).

За підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду виявлено збільшення вмісту церію у тілі бджіл в 3,8 раза на тлі зниження вмісту селену на 24,1 % порівняно з контролем. Такі зміни можуть бути пов'язані як з впливом церію на засвоєння селену в організмі бджіл, так і з різним мінеральним складом нектару та пилку ентомофільних рослин, які квітували в зрівняльній і основній періоди дослідження.

Що стосується використання підгодівлі бджолиних сімей мінеральними елементами у складі цукрового сиропу, то відомі дослідження «наноаквацитратів» Co і Ni в умовах термостату на вміст Fe, Co, Cu, Zn, Ni, Cd та Pb у тканинах організму медоносних бджіл. За умов додавання до цукрового сиропу борошна сої і «наноаквацитратів» Co та Ni у тканинах бджіл виявлено зменшення рівня Fe, Co і Ni, а також збільшення вмісту Zn і Pb на тлі зниження вмісту Ni [114].

За підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду не виявлено впливу на вміст магнію, цинку і селену в меді, але доведено збільшення вмісту церію у 19,1 раза порівняно з контролем (див. табл. 3.18). У меді бджолиному як контрольної, так і дослідної груп в основний період дослідження виявлено збільшення вмісту магнію і цинку порівняно з

аналогічними показниками у зрівняльний період, що, ймовірно, залежало від ботанічного складу медоносів і пилконосів, які квітували в цей період.

Порівняння отриманих нами даних з результатами досліджень інших вчених показало, що мінеральний склад меду визначається ботанічним складом медоносів і географічним розташуванням території та складом ґрунтів. За вмістом магнію і цинку наші дані не суперечать результатам досліджень [9], однак вміст селену у меді, відібраному нами для досліджень як у зрівняльний період досліду, так і в основний значно перевищував рівні, отримані авторами цього дослідження.

Проведеними дослідженнями доведено, що між вмістом церію у тілі бджіл і меді за підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду існує сильна пряма кореляційна залежність ( $r=0,92$ ). У даному випадку величина достовірності апроксимації наближалася до 1 і становила  $R^2=0,85$ , що свідчить про те, що 85 % всіх даних описують цю залежність (див. рис. 3.14).

За підгодівлі бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду не встановлено суттєвого впливу на вміст магнію і цинку у воску, але виявлено збільшення вмісту церію в 1,5 раза та селену в 1,9 раза порівняно з контрольною групою (див. табл. 3.18). Це свідчить про те, що церій не відноситься до елементів, які володіють антагонізмом чи синергізмом по відношенню до магнію і цинку, а отже не впливає на їх засвоєння в організмі бджіл.

Кореляційний аналіз показав лінійну залежність між вмістом церію у тілі бджіл і воску середнього ступеня ( $r=0,65$ ). Величина достовірності апроксимації становила  $R^2=0,42$ , яка підтверджує, що лише 42 % всіх даних описують цю залежність (див. рис. 3.15). Це потребує подальших досліджень щодо уточнення виявленої залежності, що дасть можливість прогнозувати накопичення церію у продуктах бджільництва.

Таким чином, з отриманих розрахунків видно, що вміст церію у продуктах бджільництва, зокрема меду і воску залежить від надходження його в організм і мінерального складу тіла бджіл.

Виявлено також залежність вмісту церію у меді від його вмісту у воску, яка була середнього ступеня ( $r=0,62$ ). Величина достовірності апроксимації в цьому випадку становила  $R^2=0,38$ , що вказує на те, що лише 38 % всіх даних описують виявлену залежність (див. рис. 3.16).

Отримані нами результати досліджень важливі з точки зору перспективи використання наносполук церію не лише у бджільництві, але й апітерапії багатьох важковиліковних захворювань людини. Цьому питанню присвячено майже 500 першоджерел літератури, з яких можна зробити висновок, що для оксидів церію характерна здатність інактивувати активні форми кисню (оксофільність) і поглинати вільні радикали, а також фосфатазоподібна активність. У свою чергу, наночастинки церію здатні специфічно взаємодіяти з електромагнітним випромінюванням, але не можуть брати участь у природних ферментативних циклах рослин і тварин.

Наночастинки оксиду церію (Nanoseria) показали перспективу як каталітичні антиоксиданти в пробірках, моделях клітинних культур і моделях хвороб на тваринах. Однак, враховуючи реакційну здатність, яка добре встановлена на поверхні цих наночастинок, біологічне використання Nanoseria як терапевтичного засобу все ще створює багато проблем. Крім того, форма, яку ці частинки приймають у біологічному середовищі, наприклад зміни, які можуть відбутися через білкову корону, недостатньо встановлена. Майбутні перспективні терапевтичні застосування оксиду церію включають доставку різноманітних лікарських засобів та лікування захворювань, пов'язаних з окиснювальним стресом, окисно-відновну терапію онкологічних захворювань, а також ад'ювантів у противірусній терапії [134].

У контексті вище сказаного необхідно зазначити про подвійну можливу користь наноцерію діоксиду, зокрема на організм бджіл – за рахунок подовження терміну їх життя, а отже збільшення продуктивності, а також для

організму людини – за рахунок споживання продуктів бджільництва, збагачених сполуками церію опосередкованим шляхом. Це дозволяє припустити гіпотетичну можливість зниження будь-якого токсичного ефекту сполук наноцерію в організмі цільових категорій споживачів продуктів бджільництва.

Такий висновок узгоджується з вимогами чинного нормативного документа [165] до меду, в якому зазначається, що продукт, який маркується словом «мед», придатний для споживання людиною чи як інгредієнт у харчових продуктах, заборонено додавати інші харчові інгредієнти, харчові добавки або будь-які інші добавки, ніж мед.

Таким чином збагачення продуктів бджільництва, зокрема меду біологічно активними сполуками такими як церій можливо лише опосередкованим шляхом – через організм бджіл.

Підтвердженням даного висновку є результати досліджень токсичності наноцерію діоксиду для лабораторних тварин [59]. Були показані важливі терапевтичні властивості нанокристалічного діоксиду церію, такі як сильна антиоксидантна здатність, пребіотична та антибіотична активність. Такі властивості були отримані завдяки стабілізації наночастинок з точним розміром 3-7 нм, що сприяло його вражаючій ефективності та низькій токсичності. Дослідження токсичності для щурів нанопрепарату церію показало, що в умовах тесту на гостру токсичність ЛД<sub>50</sub> становила 2000 мг/кг при пероральному введенні. Цей показник приблизно в 1000 разів перевищує ефективну дозу наноцерію, що довело можливість його застосування для людини.

Якщо взяти до уваги, що доросла людина може споживати в середньому 25-50 г натурального меду на добу, то розрахунки показують, що з медом може поступити в організм від 5 до 15 мкг церію за використання його добавки в підгодівлі бджіл як з цукровим сиропом, так і медом (див. табл. 3.10, 3.18). Таким чином ця доза не являє небезпеки для здоров'я людини навіть за вживання меду в значно більших кількостях.

Враховуючи сильні антиоксидантні властивості цієї речовини проведено дослідження впливу нанокристалічного діоксиду церію на ерозивно-виразкові ураження слизової оболонки шлунка щурів, індуковані стресом Сельє. Встановлено, що досліджувана сполука достовірно зменшувала площу уражень на 58,3 % ( $p < 0,05$ ), індукованих стресом стриманості Сельє. Показано ослаблення запалення та зниження перекисного окиснення ліпідів за умов ураження шлунка та профілактичного застосування нанокристалічного діоксиду церію. Це підтверджувалося зниженням вмісту прозапальних цитокінів (інтерлейкін (IL) 1 $\beta$ , 12В р40) та підвищенням вмісту протизапальних цитокінів (IL-10 та трансформуючий фактор росту  $\beta$ ). Вимірювання продуктів перекисного окиснення ліпідів підтвердило антиоксидантні властивості нанокристалічного діоксиду церію, оскільки він знижував вміст кон'югованих дієнів і активних продуктів тіобарбітурової кислоти в умовах виразки шлунка, викликаної стресом [59].

Доведено також, що нанокристалічний діоксид церію послаблює запальні процеси в крові щурів, що може запобігти ускладненням ожиріння та пошкодженню печінки [77].

Таким чином, доведено, що підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду сприяє накопиченню церію у тілі бджіл і продуктах бджільництва таких як мед і віск. При цьому наноцерій діоксид не проявляє суттєвого впливу на якість меду, а також вміст магнію, цинку та селену в продуктах бджільництва, що відкриває широкі перспективи для дослідження не лише його прямої дії в організмі бджіл, а також лабораторних тварин як моделей з різною етіологією захворювань, але й його опосередкованої дії в організмі людини за різних патологічних станів, пов'язаних з порушенням обміну речовин, стресом і хронічними патологічними станами.

Необхідно відзначити важливість проведення подальших досліджень, направлених на вивчення здатності наноцерію діоксиду накопичуватись у



цільових продуктах бджільництва з перспективою встановлення ефективних доз для профілактики хвороб тварин і людини, а також у галузі апітерапії.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі зроблено санітарно-гігієнічну оцінку застосування наноцерію діоксиду для підгодівлі бджіл як засобу профілактики захворювань та збільшення тривалості їх життя, забезпечення якості і збагачення продуктів бджільництва біологічно активними елементами, зокрема церієм. Проведено комплексну оцінку якості монофлорного липового меду на основі визначення його органолептичних, фізико-хімічних показників, пилкового аналізу та встановлення відповідності вимогам чинних нормативно-правових актів.

У роботі наведено результати експериментальних досліджень з визначення біологічної дії наноцерію діоксиду в організмі бджіл за перорального та контактного введення, а також його впливу на мінеральний склад тіла бджіл, меду та воску. Виявлено, що підгодівля бджолиних сімей медом чи цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду в дозі 1 мМ не впливає на якість меду, збільшує накопичення церію у тілі бджіл і збагачує церієм мед та віск.

1. Оцінка монофлорного меду за органолептичними характеристиками показала, що від 66 до 100 % проб відповідали типовим показникам липового меду. За масовою часткою води, діастазною активністю, електропровідністю, вмістом редуруючих цукрів, проліну, співвідношенням кількості фруктози до глюкози мед відповідав чинним вимогам.
2. Наноцерію діоксид у концентраціях 58 мМ; 29 мМ та 5,8 мМ прискорював відмирання бджіл до 30 % за згодовування і до 40% – за обробки поверхні їх тіла. Оптимальною дозою наноцерію діоксиду у розчині цукрового сиропу для застосування бджолам є 2,9 мМ, яка подовжувала тривалість життя бджіл у 1,5 раза ( $p \leq 0,05$ ).

3. Згодовування бджолам цукрового сиропу з добавкою наноцерію діоксиду та обробка розплоду і поверхні тіла бджіл водним розчином цього препарату в концентрації 2,9 мМ зменшували ураження бджолиних сімей мішечкуватим розплодом до середнього ступеня (10–50 личинок на стільник) у поєднанні зі створенням у хворих сім'ях безрозплідного періоду на термін виведення нових маток (28–35 діб).
4. Нанорозмірний діоксид церію не володіє протівірусним пролонгованим ефектом, навіть у комплексі з тривалим (1,5–2,5 місяці) зимовим безрозплідним періодом.
5. Підгодівля бджолиних сімей липовим медом чи цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду в дозі 1 мМ суттєво не впливала на масову частку води, вміст проліну і діастазну активність меду, які знаходились у межах нормативних величин.
6. За підгодівлі бджіл липовим медом з добавкою наноцерію діоксиду виявлено збільшення вмісту церію в їх тілі в 6,2 раза ( $p \leq 0,05$ ) і зниження вмісту магнію на 13,8 % ( $p \leq 0,05$ ) та селену на 14,5 % ( $p \leq 0,05$ ).
7. Використання липового меду з добавкою наноцерію діоксиду для підгодівлі бджолиних сімей сприяло збільшенню вмісту церію у меді бджолиному у 8,6 раза ( $p \leq 0,05$ ) та у воску в 1,9 раза ( $p \leq 0,05$ ) за стабільного вмісту магнію, цинку та селену. Виявлено сильний ступінь залежності концентрації церію у воску від його вмісту в тілі бджіл ( $r=0,77$ ).
8. Згодовування бджолиним сім'ям цукрового сиропу з добавкою наноцерію діоксиду сприяло збільшенню вмісту церію у тілі бджіл у 3,8 раза ( $p \leq 0,05$ ) за одночасного зниження вмісту селену на 24,1 % ( $p \leq 0,05$ ).
9. Підгодівля бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду збільшувала вміст церію в меді у 19,1 раза ( $p \leq 0,05$ ), у воску – в 1,5 раза ( $p \leq 0,05$ ) та селену у воску – в 1,9 раза ( $p \leq 0,05$ ). Між вмістом церію у тілі бджіл і меді за його надходження з цукровим сиропом існує сильна пряма кореляційна залежність ( $r=0,92$ ).

## **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

1. Для збільшення тривалості життя бджіл рекомендовано використовувати підгодівлю бджолиних сімей цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду в дозі 2,9 мМ.
2. Для збагачення меду та воску бджолиного церієм необхідно використовувати підгодівлю бджолиних сімей медом чи цукровим сиропом з добавкою наноцерію діоксиду в дозі 1 мМ.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Abdi, K., Said, M., & Cherif, A. (2023). The promise of probiotics in honeybee health and disease management. *Archives of Microbiology*. 205, 73. [doi:10.1007/s00203-023-03416-z](https://doi.org/10.1007/s00203-023-03416-z)
2. Abou-Shaara, H. F., Staron, M., & Staroňová, D. (2020). Potential applications of nanotechnology in apiculture. *Entomology and Applied Science Letters*, 7 (4), 1-8.
3. Abou-Shaara, H. (2017). Effects of various sugar feeding choices on survival and tolerance of honey bee workers to low temperatures. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 49(1). 6-12. [doi:10.4081/jear.2017.6200](https://doi.org/10.4081/jear.2017.6200)
4. Abou-Shaara, H. F. (2022). Testing the ability of chitosan nanoparticles to improve development and performance of honey bee colonies during early spring. *Entomological Research*, 52, 214–222. [doi:10.1111/1748-5967.12579](https://doi.org/10.1111/1748-5967.12579).
5. Abrol, D. P. (2013). Biology of *Apis cerana*. Asiatic honeybee *Apis cerana*, 73–100. [doi:10.1007/978-94-007-6928-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6928-1_3)
6. Adamchuk, L., Sukhenko, V., Henhalo, N., & Akulenko, I. (2019). Study of the diastase number of Ukrainian honey. *New Technologies*, 9, 77-86.
7. Ahmad, S., Khan, K. A., Khan, S. A., Ghramh, H. A. & Gul, A. (2021). Comparative assessment of various supplementary diets on commercial honey bee (*Apis mellifera*) health and colony performance. *PLoS ONE*, 16, e0258430. [doi: 10.1371/journal.pone.0258430](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258430)
8. Ahn, A. J., Ahn, K. S., Suh, G. H., Noh, J. H., Kim, Y. H., Yoo, M. S., Kang, S. W., & Shin, S. S. (2015). Efficacy of silver ions against *Sacbrood virus* infection in the Eastern honey bee *Apis cerana*. *Journal of Veterinary Science*, 16(3), 289–295. [doi:10.4142/jvs.2015.16.3.289](https://doi.org/10.4142/jvs.2015.16.3.289)

9. Ajibola, A., Chamunorwa, J. P., & Erlwanger, K. H. (2012). Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism*, 9, 61. [doi:10.1186/1743-7075-9-61](https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-61)
10. Al Naggar, Y., Dabour, K., Masry, S., Sadek, A., Naiem, E., & Giesy, J. P. (2020). Sublethal effects of chronic exposure to CdO or PbO nanoparticles or their binary mixture on the honey bee (*Apis mellifera L.*). *Environmental Science and Pollution Research International*, 27(16), 19004–19015. [doi:10.1007/s11356-018-3314-2](https://doi.org/10.1007/s11356-018-3314-2)
11. Alaerjani, W.M.A., Abu-Melha, S., Alshareef, R.M.H., Al-Farhan, B.S., Ghramh, H.A., AlShehri, B.M.A., Bajaber, M.A., Khan, K.A., Alrooqi, M.M., Modawe, G.A., & Mohammed, M.E.A. (2022). Biochemical reactions and their biological contributions in honey. *Molecules*, 27, 4719. [doi:10.3390/molecules27154719](https://doi.org/10.3390/molecules27154719).
12. Al-Ghamdi, M., Aly, M. M., & Sheshtawi, R. M. (2020). Antimicrobial activities of different novel chitosan-collagen nanocomposite films against some bacterial pathogens. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 10(1), 114-121.
13. Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 6730305. [doi:10.1155/2019/6730305](https://doi.org/10.1155/2019/6730305)
14. Aliaño-González, M.J., Ferreiro-González, M., Espada-Bellido, E., Palma, M., & Barbero, G.F. (2019). A screening method based on Visible-NIR spectroscopy for the identification and quantification of different adulterants in high-quality honey. *Talanta*, 203, 235–241. [doi:10.1016/j.talanta.2019.05.067](https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.05.067)
15. Aljohar, H. I., Maher, H. M., Albaqami, J., Al-Mehaizie, M., Orfali, R., Orfali, R., & Alrubia, S. (2018). Physical and chemical screening of honey samples available in the Saudi market: an important aspect in the authentication process and quality assessment. *Saudi Pharmaceutical Journal: SPJ: the*

- official publication of the Saudi Pharmaceutical Society, 26(7), 932–942. doi:10.1016/j.jsps.2018.04.013
16. Almeida-Muradian, L.B., Barth, O.M., Dietemann, V., Eyer, M., Alex da Silva de Freitas, Martel, A.-C., Marcazzan, G.L., Marchese, C.M., Mucignat-Caretta, C., Pascual-Maté, A., Reybroeck, W., Sancho, M.T., & Gasparotto Sattler, J.A. (2020). Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *Journal of Apicultural Research*, 59(3), 1-62. doi:10.1080/00218839.2020.1738135.
  17. Altunatmaz, S. S., Tarhan, D., Aksu, F., Ozsobaci, N. P., Or, M. E., & Barutçu, U. B. (2018). Levels of chromium, copper, iron, magnesium, manganese, selenium, zinc, cadmium, lead and aluminium of honey varieties produced in Turkey. *Food Science and Technology*, 39, 392–397. doi:10.1590/fst.19718
  18. Altundag, H., Albayrak, S., Dundar, M. S., Tuzen, M., & Soylak, M. (2015). Investigation of the influence of selected soil and plant properties from Sakarya, Turkey, on the bioavailability of trace elements by applying an in vitro digestion model. *Biological Trace Element Research*, 168(1), 276–285. doi:10.1007/s12011-015-0330-7
  19. Aykas, D.P. (2023). Determination of possible adulteration and quality assessment in commercial honey. *Foods*, 12, 523. doi:10.3390/foods12030523
  20. Bailey, L., Gibbs, A. J., & Woods, R. D. (1964). *Sacbrood virus* of the larval honey bee (*Apis mellifera linnaeus*). *Virology*, 23 (3), 425–429. doi:10.1016/0042-6822(64)90266-1
  21. Bartlett, L. J., Boots, M., Brosi, B. J., de Roode, J. C., Delaplane, K. S., Hernandez, C. A., & Wilfert, L. (2021). Persistent effects of management history on honeybee colony virus abundances. *Journal of Invertebrate Pathology*, 179, 107520. doi:10.1016/j.jip.2020.107520
  22. Beaurepaire, A., Piot, N., Doublet, V., Antunez, K., Campbell, E., Chantawannakul, P., Chejanovsky, N., Gajda, A., Heerman, M., Panziera, D., Smaghe, G., Yañez, O., de Miranda, J. R., & Dalmon, A. (2020). Diversity

- and global distribution of viruses of the Western honey bee. *Apis mellifera*. *Insects*, 11 (4), 239. doi:10.3390/insects11040239
23. Benelli, G. (2018). Mode of action of nanoparticles against insects. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25(13), 12329–12341. doi:10.1007/s11356-018-1850-4
  24. Berényi, O., Bakonyi, T., Derakhshifar, I., Köglberger, H., & Nowotny, N. (2006). Occurrence of six honeybee viruses in diseased Austrian apiaries. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(4), 2414–2420. doi:10.1128/AEM.72.4.2414-2420.2006
  25. Bocian, A., Buczkowicz, J., Jaromin, M., Hus, K.K., & Legáth, J. (2019). An effective method of isolating honey proteins. *Molecules*, 24, 2399. doi:10.3390/molecules24132399
  26. Bogdanov, S. (2016). Honey composition. *Bee product science. The Honey Book*, Chapter 5 2016. Available online: [https://www.researchgate.net/publication/304011775\\_Honey\\_Composition](https://www.researchgate.net/publication/304011775_Honey_Composition)
  27. Bommuraj, V., Chen, Y., Klein, H., Sperling, R., Barel, S. & Shimshoni, J.A. (2019). Pesticide and trace element residues in honey and beeswax combs from Israel in association with human risk assessment and honey adulteration. *Food Chemistry*, 299, 125123. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125123
  28. Borsuk, G., Paleolog, J., Olszewski, K., & Strachecka, A. (2013). Laboratory assessment of the effect of nanosilver on longevity, sugar syrup ingestion, and infection of honeybees with *Nosema* spp. *Medycyna Weterynaryjna*, 69(12), 730-732.
  29. Breeze, T.D., Bailey, A.P., Balcombe, K.G., & Potts, S.G. (2011). Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(3-4), 137–143. doi:10.1016/j.agee.2011.03.020
  30. Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41, 278–294. doi:10.1051/apido/2010012
  31. Bull, J. C., Ryabov, E. V., Prince, G., Mead, A., Zhang, C., Baxter, L. A., Pell, J. K., Osborne, J. L., & Chandler, D. (2012). A strong immune response in



- young adult honeybees masks their increased susceptibility to infection compared to older bees. *PLoS Pathogens*, 8 (12), e1003083. doi:10.1371/journal.ppat.1003083
32. Carreck, N. L., Ball, B. V., & Martin, S. J. (2010). Honey bee colony collapse and changes in viral prevalence associated with *Varroa destructor*. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 93–94. doi:10.3896/ibra.1.49.1.13
  33. Chen, Y. P., Pettis, J. S., Corona, M., Chen, W. P., Li, C. J., Spivak, M., Visscher, P. K., DeGrandi-Hoffman, G., Boncristiani, H., Zhao, Y., vanEngelsdorp, D., Delaplane, K., Solter, L., Drummond, F., Kramer, M., Lipkin, W. I., Palacios, G., Hamilton, M. C., Smith, B., Huang, S. K., ... Evans, J. D. (2014). Israeli acute paralysis virus: epidemiology, pathogenesis and implications for honey bee health. *Plos Pathogens*, 10(7), e1004261. doi:10.1371/journal.ppat.1004261
  34. Choe, S.-E., Nguyen, T. T.-D., Hyun, B.-H., Noh, J.-H., Lee, H.-S., Lee, C.-H., & Kang, S.-W. (2012). Genetic and phylogenetic analysis of South Korean *Sacbrood virus* isolates from infected honey bees (*Apis cerana*). *Veterinary Microbiology*, 157 (1–2), 32–40. doi:10.1016/j.vetmic.2011.12.007
  35. Codex Alimentarius. General Standard for Food Additives, CODEX STAN 192-1995. (1995). [https://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS\\_192e.pdf](https://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192e.pdf)
  36. Council Directive 2001/110/EC “On honey”. (2001, December). Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_006-01#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_006-01#Text)
  37. Covaci, B., Brejea, R. & Covaci, M. (2023). Sweeteners world trade and behaviour in the pandemic. Evidence from honey remedies nexus Mountain *Apis mellifera* product. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12355-023-01243-6>
  38. Çulha, M., Kalay, Ş., Sevim, E., Pinarbaş, M., Baş, Y., Akpınar, R., & Karaoğlu, Ş. A. (2017). Biocidal properties of maltose reduced silver nanoparticles against American foulbrood diseases pathogens. *Biometals: an international journal on the role of metal ions in biology, biochemistry, and medicine*, 30(6), 893–902. doi:10.1007/s10534-017-0055-5

39. Dabour, K., Al Naggar, Y., Masry, S., Naiem, E., & Giesy, J. P. (2019). Cellular alterations in midgut cells of honey bee workers (*Apis mellifera L.*) exposed to sublethal concentrations of CdO or PbO nanoparticles or their binary mixture. *The Science of the Total Environment*, 651(1), 1356–1367. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.311
40. Daisley, B., Pitek, A., Chmiel, J., Al, K., Chernyshova, A., Faragalla, K., Burton, J., Thompson, G., & Reid, G. (2020). Novel probiotic approach to counter *Paenibacillus larvae* infection in honey bees. *Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology*, 14(2), 476–491. doi:10.338/s41396-019-0541-6
41. Daisley, B., Pitek, A., Chmiel, J., & Gibbons, S. (2020). *Lactobacillus spp.* attenuate antibiotic-induced immune and microbiota dysregulation in honey bees. *Communications Biology*, 3, 534. doi:10.1038/s42003-020-01259-8
42. DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Huang, E., & Huang, M. H. (2010). The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera L.*). *Journal of Insect Physiology*, 56(9), 1184–1191. doi:10.1016/j.jinsphys.2010.03.017
43. Deibert, P., KOnig, D., Kloock, B., Groenefeld, M., & Berg, A. (2010). Glycaemic and insulinaemic properties of some German honey varieties. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(7), 762–764. doi:10.1038/ejcn.2009.103
44. DiBartolomeis, M., Kegley, S., Mineau, P., Radford, R., & Klein, K. (2019). An assessment of acute insecticide toxicity loading (AITL) of chemical pesticides used on agricultural land in the United States. *PloS One*, 14(8), e0220029. doi:10.1371/journal.pone.0220029
45. Directive 2014/63/EU of The European Parliament and of the Council of 15 May 2014 Amending Council Directive 2001/110/EC Relating to Honey. [(accessed on 22 July 2020)]; Available online: [https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Dir2014\\_63.pdf](https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Dir2014_63.pdf)

46. Dobrinas, S., Soceanu, A., Birghila, S., Birghila, C., Matei, N., Popescu, V., & Constanda, L.M. (2022). Chemical analysis and quality assessment of honey obtained from different sources. *Processes*, 10, 2554. [doi:10.3390/pr10122554](https://doi.org/10.3390/pr10122554)
47. Dupkalová, D., Kosto, Y., Kalinovykh, V., Deineko, A., Franchi, S., Nováková, J., Matolínová, I., Skála, T., Prince, K. C., Fučíková, A., Shcherbakov, A. B., Zholobak, N. M., & Tsud, N. (2023). Histidine- and glycine-functionalized cerium oxide nanoparticles: Physicochemical properties and antiviral activity. *Applied Surface Science*, 636, 157793. [doi:10.1016/j.apsusc.2023.157793](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2023.157793).
48. Dybova-Jachowicz, S., & Sadowska, A. (2003). *Palinologia [Palynology]* IB PAN, Kraków, Poland
49. El-Nahhal Y. (2020). Pesticide residues in honey and their potential reproductive toxicity. *The Science of the Total Environment*, 741, 139953. [doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139953](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139953)
50. Eshbah, H. M., Mohamed, A. A., Hassan, A. R., Mahmoud, M. & Shaban, M. M. (2018). Efficiency of feeding honey bee colonies, *Apis mellifera L.*, with mixture of natural products and sugar syrup on brood and adult population. *Scientia Agriculturae*, 21, 14–18. [doi:10.15192/PSCP.SA.2018.21.1.1418](https://doi.org/10.15192/PSCP.SA.2018.21.1.1418)
51. Evans, J. D., Aronstein, K., Chen, Y. P., Hetru, C., Imler, J.-L., Jiang, H., Kanost, M., Thompson, G. J., Zou, Z., & Hultmark, D. (2006). Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera*. *Insect Molecular Biology*, 15 (5), 645–656. [doi:10.1111/j.1365-2583.2006.00682.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2583.2006.00682.x)
52. Fakhlaei, R., Selamat, J., Khatib, A., Razis, A.F.A., Sukor, R., Ahmad, S., & Babadi, A.A. (2020). The toxic impact of honey adulteration. *Foods*, 9(11), 1538. [doi:10.3390/foods9111538](https://doi.org/10.3390/foods9111538)
53. Fauzi, A. N., Norazmi, M. N., & Yaacob, N. S. (2011). Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food and Chemical Toxicology: an*

- international journal published for the British Industrial Biological Research Association, 49(4), 871–878. doi:10.1016/j.fct.2010.12.010
54. Feng, J., Zhang, Q., Ma, Z., Zhang, J., Huang, W., & Zhang, X. (1998). Studies on purification, crystallization and structure of *Chinese sacbrood virus*. *Journal of Chinese Electron Microscopy Society*, 17, 3.
55. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). FAOSTAT. <http://faostat.fao.org>
56. Gajger, I. T., Kosanović, M., Oreščanin, V., Kos, S., & Bilandžić, N. (2019). Mineral content in honeybee wax combs as a measurement of the impact of environmental factors. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 103(5), 697–703. doi:10.1007/s00128-019-02713-y
57. Geffre, A. C., Gernat, T., Harwood, G. P., Jones, B. M., Morselli Gysi, D., Hamilton, A. R., Bonning, B. C., Toth, A. L., Robinson, G. E., & Dolezal, A. G. (2020). Honey bee virus causes context-dependent changes in host social behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(19), 10406–10413. doi:10.1073/pnas.2002268117
58. Glavan, G., Milivojević, T., Božič, J., Sepčić, K., & Drobne, D. (2017). Feeding preference and sub-chronic effects of ZnO nanomaterials in honey bees (*Apis mellifera carnica*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 72(3), 471–480. doi:10.1007/s00244-017-0385-x
59. Golyshkin, D., Kobyljak, N., Virchenko, O., Falalyeyeva, T., Beregova, T., Ostapchenko, L., Caprnda, M., Skladany, L., Opatrilova, R., Rodrigo, L., Kruzliak, P., Shcherbokov, A., & Spivak, M. (2016). Nanocrystalline cerium dioxide efficacy for prophylaxis of erosive and ulcerative lesions in the gastric mucosa of rats induced by stress. *Biomedicine & Pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 84, 1383–1392. doi:10.1016/j.biopha.2016.10.060
60. Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E.L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347, 1255957. doi:10.1126/science.1255957

61. Grembecka, M., & Szefer, P. (2013). Evaluation of honeys and bee products quality based on their mineral composition using multivariate techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(5), 4033–4047. doi:10.1007/s10661-012-2847-y
62. Grinko, A. M., Brichka, A. V., Bakalinska, O. M., & Kartel, M. T. (2019). Properties, preparation methods and use of cerium nanooxide. *Surface*, 11(26), 436–471. doi:10.15407/surface.2019.11.436
63. Guler, A., Ekinci, D., Biyik, S., Garipoglu, A.V., Onder, H. & Kocaokutgen, H. (2018). Effects of feeding honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) with industrial sugars produced by plants using different photosynthetic cycles (carbon C3 and C4) on the colony wintering ability, lifespan, and forage behavior. *Journal of Economic Entomology*, 111(5), 2003–2010. doi:10.1093/jee/toy189
64. Güneş, M.E., Borum, A.E., Özakin, C., Girişgin, A.O., & Aydin, L. (2012). A new technic: Efficacy of nano-silver coating of honey bee hives against some microorganisms. *Uludag Bee Journal*, 12, 23-30.
65. Guo, Y., Zhang, Z., Zhuang, M., Wang, L., Li, K., Yao, J., Yang, H., Huang, J., Hao, Y., Ying, F., Mannan, H., Wu, J., Chen, Y., & Li, J. (2021). Transcriptome profiling reveals a novel mechanism of antiviral immunity upon sacbrood virus infection in Honey Bee Larvae (*Apis cerana*). *Frontiers in Microbiology*, 12. doi:10.3389/fmicb.2021.615893
66. Hassona, N.M., & El-Wahed, A.A.A. (2023). Heavy metal concentrations of beeswax (*Apis mellifer* L.) at different ages. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 111, 26. doi:10.1007/s00128-023-03779-5
67. Huang, Z. (2012). Pollen nutrition affects honey bee stress resistance. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 5(2), 175-189. doi:10.1163/187498312X639568
68. Huang, Z., Liu, L., Li, G., Li, H., Ye, D., & Li, X. (2019). Nondestructive determination of diastase activity of honey based on visible and near-infrared

- spectroscopy. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(7), 1244. doi:10.3390/molecules24071244
69. International Honey Commission World Network of Honey Science. Harmonised Methods of the International Honey Commission. [(accessed on 19 August 2019)]; 2009 Available online: <http://ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>
70. Jaafar, M., Othman, M., Yaacob, M., Talip, B., Ilyas, M., Ngajikin, N., & Fauzi, N. (2020). A review on honey adulteration and the available detection approaches. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(2), 125-131.
71. Jemec, A., Milivojević, T., Drobne, D., Sepčić, K., & Glavan, G. (2016). No chronic effects on biochemical biomarkers, feeding and survival of carnelian honeybees (*Apis mellifera carnica*) after exposure to nanosized carbon black and titanium dioxide. *Acta Biologica Slovenica*, 59(1), 45–55. doi:10.14720/abs.59.1.15698
72. Jovanovic, N. M., Glavinic, U., Delic, B., Vejnovic, B., Aleksic, N., Mladjan, V., & Stanimirovic, Z. (2021). Plant-based supplement containing B-complex vitamins can improve bee health and increase colony performance. *Preventive Veterinary Medicine*, 190, 105322. doi:10.1016/j.prevetmed.2021.105322
73. Kacaniova, M., Knazovicka, V., Melich, M., Fikselova, M., Massanyi, P., Stawarz, R., Hascik, P., Pechociak, T., Kuczkowska, A., & Putała, A. (2009). Environmental concentration of selected elements and relation to physicochemical parameters in honey. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering*, 44(4), 414–422. doi:10.1080/10934520802659802
74. Karthika, S., Kumar, N.N., Gunasekaran, K., & Subramanian, K.S. (2015). Biosafety of nanoemulsion of hexanal to honey bees and natural enemies. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(1-7). doi:10.17485/ijst/2015/v8i30/52668
75. Kek, S.P., Chin, N.L., Yusof, Y.A., Tan, S.W., & Chua, L.S. (2017). Classification of entomological origin of honey based on its physicochemical

- and antioxidant properties. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 2723–2738. doi:10.1080/10942912.2017.1359185
76. Kılıç Altun, S., Dinç, H., Paksoy, N., Temamoğulları, F. K., & Savrunlu, M. (2017). Analyses of mineral content and heavy metal of honey samples from south and east region of Turkey by using ICP-MS. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2017, 6391454. doi:10.1155/2017/6391454
77. Kobylak, N., Virchenko, O., Falalyeyeva, T., Kondro, M., Beregova, T., Bodnar, P., Shcherbakov, O., Bubnov, R., Caprnda, M., Delev, D., Sabo, J., Kruzliak, P., Rodrigo, L., Opatrilova, R., & Spivak, M. (2017). Cerium dioxide nanoparticles possess anti-inflammatory properties in the conditions of the obesity-associated NAFLD in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy = Biomedecine & Pharmacotherapie*, 90, 608–614. doi:10.1016/j.biopha.2017.03.099
78. Kocyigit, A., Guler, E. M., & Kaleli, S. (2019). Anti-inflammatory and antioxidative properties of honey bee venom on freund's complete adjuvant-induced arthritis model in rats. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology*, 161, 4–11. doi:10.1016/j.toxicon.2019.02.016
79. Kołacz, R., Iakubchak, O., Taran, T., & Hryb, J. (2023). Safety and quality indicators of rapeseed and sunflower honey from different regions of Ukraine. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 14(1), 39-56. doi:10.31548/veterinary1.2023.39
80. Kos, M., Jemec, Kokalj, A., Glavan, G., Marolt, G., Zidar, P., Božič, J., Novak, S., & Drobne, D. (2017). Cerium (IV) oxide nanoparticles induce sublethal changes in honeybees after chronic exposure. *Environmental Science: Nano Journal*, 4, 2297–2310. doi:10.1039/c7en00596b
81. Kováčik, J., Grúz, J., Biba, O., & Hedbavny, J. (2016). Content of metals and metabolites in honey originated from the vicinity of industrial town Košice (eastern Slovakia). *Environmental Science and Pollution Research International*, 23(5), 4531–4540. doi:10.1007/s11356-015-5627-8

82. Kovalchuk, I., Dvylyuk, I., Leczyk, Y., Dvylyuk, I., & Gutyj, B. (2019). Physiological relationship between content of certain microelements in the tissues of different anatomic sections of the organism of honey bees exposed to citrates of argentum and cuprum. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(2), 177–181. doi:10.15421/021926
83. Kovalchuk, I.I., Fedoruk, R.S., Spivak, M.Ya., Romanovych, M.M., & Iskra R.Ya. (2021). Influence of immunobiotics B-7280 on the viability of honey bees and the content of essential and toxic microelements in the tissues of the organism. *Microbiological Journal*. 83 (2). 12-20. doi:10.15407/microbiolj83.02.042
84. Kulhanek, K., Steinhauer, N., Rennich, K., Caron, D.M., Sagili, R.R., Pettis, J.S., Ellis, J.D., Wilson, M.E., Wilkes, J.T., Tarpy, D.R., Rose, R., Lee, K., Rangel, J., vanEngelsdorp, D. (2017). A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA *Journal of Apicultural Research*, 56(4), 328–40. 10.1080/00218839.2017.1344496.
85. Kunat-Budzyńska, M., Rysiak, A., Wiater, A., Grąz, M., Andrejko, M., Budzyński, M., Bryś, M. S., Sudziński, M., Tomczyk, M., Gancarz, M., Rusinek, R., & Ptaszyńska, A. A. (2023). Chemical composition and antimicrobial activity of new honey varieties. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2458. doi:10.3390/ijerph20032458
86. Kushnir, G.V. (2021). Distribution of transgenic plants in Ukraine – current state. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodderadditives and Institute of Animal Biology*, 22(2), 225-229.
87. Lanjwani, M. F., & Channa, F. A. (2019). Minerals content in different types of local and branded honey in Sindh, Pakistan. *Heliyon*, 5(7), e02042. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02042
88. Laomettachit, T., Liangruksa, M., Termsaithong, T., Tangthanawatsakul, A., & Duangphakdee, O. (2021). A model of infection in honeybee colonies with



- social immunity. Plos One, 16(2), e0247294. [doi:10.1371/journal.pone.0247294](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247294)
89. Lasić, D., Bubalo, D., Bošnjir, J., Šabarić, J., Konjačić, M., Dražić, M., & Racz, A. (2018). Influence of the botanical and geographical origin on the mineral composition of honey. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83(4), 335-343
  90. Liu, T. M., Luo, Y. W., Tam, K. W., Lin, C. C., & Huang, T. W. (2019). Prophylactic and therapeutic effects of honey on radiochemotherapy-induced mucositis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Supportive care in cancer: official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, 27(7), 2361–2370. [doi:10.1007/s00520-019-04722-3](https://doi.org/10.1007/s00520-019-04722-3)
  91. Liu, Z., Chen, C., Niu, Q., Qi, W., Yuan, C., Su, S., Liu, S., Zhang, Y., Zhang, X., Ji, T., Dai, R., Zhang, Z., Wang, S., Gao, F., Guo, H., Lv, L., Ding G., & Shi, W. (2016). Survey results of honey bee (*Apis mellifera*) colony losses in China (2010–2013). *Journal of Apicultural Research*, 55(1), 29–37. [doi:10.1080/00218839.2016.1193375](https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1193375)
  92. Liu, Y. J., Jing, Z., Bai, X. T., Diao, Q. Y., Wang, J., Wu, Y. Y., Zhao, Q., Xia, T., Xing, B., Holden, P. A., & Ge, Y. (2021). Nano-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> induces honeybee (*Apis mellifera*) death and enriches for pathogens in honeybee gut bacterial communities. *Frontiers in Microbiology*, 12, 780943. [doi:10.3389/fmicb.2021.780943](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.780943)
  93. Luis, A. R., García, C. A. Y., Invernizzi, C., Branchiccela, B., Piñeiro, A. M. P., Morfi, A. P., Zunino, P., & Antúnez, K. (2020). *Nosema ceranae* and RNA viruses in honey bee populations of Cuba. *Journal of Apicultural Research*, 59(4), 468–471. [doi:10.1080/00218839.2020.1749451](https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1749451)
  94. Lysenko, H. L., Prudnikov, V. G., Leppa, A. L., Heyda, I. M., & Buchkovska, K. D. (2019). The production cremated honey from natural honey of different botanical origin. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 3, 22-28. [doi:10.31890/vttp.2019.03.04](https://doi.org/10.31890/vttp.2019.03.04)

95. Ma, T., Zhao, H., Liu, C., Zhu, M., Gao, H., Cheng, N., & Cao, W. (2019). Discrimination of natural mature acacia honey based on multi-physicochemical parameters combined with chemometric analysis. *Molecules*, 24, 2674. doi:10.3390/molecules24142674
96. Machado, De-Melo, A.A., Almeida-Muradian, L.B.D., Sancho, M.T., Pascual-Maté, A. (2018). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 5-37. doi:[10.1080/00218839.2017.1338444](https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444)
97. Manolova, V., Parvina, I., Yankovska–Stefanova, T., & Balkanska, R. (2021). Physicochemical analysis of sunflower honey from Bulgaria. *Uludag Bee Journal*, 2(21), 168-176. doi:[10.31467/uluaricilik.960751](https://doi.org/10.31467/uluaricilik.960751)
98. McMenamin, A. J., & Genersch, E. (2015). Honey bee colony losses and associated viruses. *Current Opinion in Insect Science*, 8, 121–129. doi:10.1016/j.cois.2015.01.015
99. McMenamin, A. J., Parekh, F., Lawrence, V., & Flenniken, M. L. (2021). Investigating virus–hostinteractions in cultured primary honey bee cells. *Insects*, 12 (7), 653. doi:10.3390/insects12070653
100. Miguel, M. G., Antunes, M. D., & Faleiro, M. L. (2017). Honey as a complementary medicine. *Integrative Medicine Insights*, 12, 1178633717702869. doi:[10.1177/1178633717702869](https://doi.org/10.1177/1178633717702869)
101. Milbrath, M. (2021). Honey bee bacterial diseases. In honey bee medicine for the veterinary practitioner (eds T.R. Kane and C.M. Faux). doi:[10.1002/9781119583417.ch22](https://doi.org/10.1002/9781119583417.ch22)
102. Milivojević, T., Glavan, G., Božič, J., Sepčić, K., Mesarič, T., & Drobne, D. (2015). Neurotoxic potential of ingested ZnO nanomaterials on bees. *Chemosphere*, 120, 547–554. doi:10.1016/j.chemosphere.2014.07.054
103. Mohan C, Sridharan S, Subramanian KS, Natarajan N, Nakkeeran S. 2017 Effect of nanoemulsion of hexanal on honey bees (*Hymenoptera; Apidae*). *Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1415-1418.

104. Muhati, G.L., & Warui, M.W. (2022). Physicochemical properties and floral sources of honey produced in Marsabit forest reserve, Northern Kenya. *Journal of Food Quality*, 2022, 3841184. [doi:10.1155/2022/3841184](https://doi.org/10.1155/2022/3841184)
105. Nanetti, A., Bortolotti, L., & Cilia, G. (2021). Pathogens spillover from honey bees to other arthropods. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 10(8), 1044. [doi:10.3390/pathogens10081044](https://doi.org/10.3390/pathogens10081044)
106. Naug, D. (2008). Structure of the social network and its influence on transmission dynamics in a honeybee colony. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62(11), 1719–1725. [doi:10.1007/s00265-008-0600-x](https://doi.org/10.1007/s00265-008-0600-x)
107. Nefedova, A., Rausalu, K., Zusinaite, E., Vanetsev, A., Rosenberg, M., Koppel, K., Lilla, S., Visnapuu, M., Smits, K., Kisand, V., Tätte, T., & Ivask, A. (2022). Antiviral efficacy of cerium oxide nanoparticles. *Scientific Reports*, 12(1), 18746. [doi:10.1038/s41598-022-23465-6](https://doi.org/10.1038/s41598-022-23465-6)
108. Nega, A.; Mulugeta, E.; Abebaw, A. (2020). Physicochemical Analysis and Determination of the levels of some heavy metals in honey samples collected from three district area of East Gojjam zone of Amhara region, Ethiopia. *Journal of Agricultural Science and Food Research*, 11, 279. [doi:10.35248/2593-9173.20.11.279](https://doi.org/10.35248/2593-9173.20.11.279)
109. Nkansah, M.A., Shamsu–Deen, M., & Opoku, F. (2018). Phytochemicals, heavy metal and mineral contents in honey samples from selected markets in the Kumasi metropolis. *Emerging Science Journal*, 2 (5), 287–294.
110. Oliveira, C. R., Domingues, C. E. C., de Melo, N. F. S., Roat, T. C., Malaspina, O., Jones-Costa, M., Silva-Zacarin, E. C. M., & Fraceto, L. F. (2019). Nanopesticide based on botanical insecticide pyrethrum and its potential effects on honeybees. *Chemosphere*, 236, 124282. [doi:10.1016/j.chemosphere.2019.07.013](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.013)
111. Omelchun, Y.A., Kobish, A.I., Klochkova, N.P., & Shevchenko, L.V. (2022). Validation of the multiresidue method analysis for pesticides in bee honey by UPLC-MS/MS using the method of samples preparation QuEChERS

- Methods and Objects of Chemical Analysis, 17(3), 141-152  
[doi:10.17721/moca.2022.141-152](https://doi.org/10.17721/moca.2022.141-152)
112. Omelchun, Y., Shevchenko, L., Voynalovich, M., Savchenko, O., Hryshchenco, N., Tkach, G., Androshchuk, O., Drachuk, O., Kozii, M., Rzhovskyi, H., & Slyva, Y. (2023). Effects of pesticides on bee populations and safety of bee honey in Ukraine. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 801–815. [doi:10.5219/1914](https://doi.org/10.5219/1914)
113. Özkan, Y., Irende, İ., Akdeniz, G., Kabakçı, D., & Sökmen, M. (2015). Evaluation of the comparative acute toxic effects of TiO<sub>2</sub>, Ag-TiO<sub>2</sub>, and ZnO-TiO<sub>2</sub> composite nanoparticles on honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of International Environmental Application & Science*, 10(1), 26-36.
114. Paschenko, A.G., Romaniv, L.I., Fedoruk, R.S., Kovalchuk, I.I. (2016). Some trace element content in tissues honeybees under feeding, sugar syrup, meal soya and citrate Co and Ni. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 4(72), 51–55.
115. Phokasem, P., Liuhaio, W., Panjad, P., Yujie, T., Li, J., & Chantawannakul, P. (2021). Differential viral distribution patterns in reproductive tissues of *Apis mellifera* and *Apis cerana* drones. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 608-700. [doi:10.3389/fvets.2021.608700](https://doi.org/10.3389/fvets.2021.608700)
116. Pospiech, M., Javurkova, Z., Hrabec, P., Starha, P., Ljasovska, S., Bednar, J., & Tremlova, B. (2021). Identification of pollen taxa by different microscopy techniques. *PLoS ONE*, 16(9), e0256808. [doi:10.1371/journal.pone.0256808](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256808)
117. Pospiech, M., Zdenka, J., Hrabec, P., Cizkova, H., Titera, D., Starha, P., Ljasovska, S., Kruzik, V., Podskalska, T., Bednar, J., Buresova, P.K., & Tremlova, B. (2021). Physico-chemical and melissopalynological characterization of Czech honey. *Applied Sciences*, 11(11), 4989. [doi:10.3390/app11114989](https://doi.org/10.3390/app11114989)
118. Prado, A., Requier, F., Crauser, D., Le Conte, Y., Bretagnolle, V., & Alaux C. (2020). Honeybee lifespan: the critical role of preforaging state. *Royal Society Open Science*. 7(11), 200998. [doi:10.1098/rsos.200998](https://doi.org/10.1098/rsos.200998)

119. Prodelalova, J., Moutelikova, R., Titera, D. & (2019). Multiple virus infections in Western honeybee (*Apis mellifera L.*) ejaculate used for instrumental insemination. *Viruses*, 11(4), 306. doi:10.3390/v11040306
120. Ptaszyńska, A. A., Borsuk, G., Zdybicka-Barabas, A., Cytryńska, M. & Małek, W. (2016). Are commercial probiotics and prebiotics effective in the treatment and prevention of honeybee nosemosis C? *Parasitology research*, 115(1), 397–406. doi:10.1007/s00436-015-4761-z
121. Puscion-Jakubik, A., Borawska, M., & Socha, K. (2020). Modern methods for assessing the quality of bee honey and botanical origin identification. *Foods*, 9, 1028. doi:10.3390/foods9081028
122. Qin, F., Shen, T., Yang, H., Qian, J., Zou, D., Li, J., Liu, H., Zhang, Y., & Song, X. (2019). Dietary nano cerium oxide promotes growth, relieves ammonia nitrogen stress, and improves immunity in crab (*Eriocheir sinensis*). *Fish & Shellfish Immunology*, 92, 367–376. doi:10.1016/j.fsi.2019.06.019
123. Reed, L. J., & Muench, H. (1938). A simple method of estimating fifty per cent endpoints. *American Journal of Epidemiology*, 27 (3), 493–497. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a118408
124. Reynaldi, F. J., Sguazza, G. H., Tizzano, M. A., Fuentealba, N., Galosi, C. M., & Pecoraro, M. R. (2011). First report of Israeli *Acute paralysis virus* in asymptomatic hives of Argentina. *Revista Argentina de Microbiologia*, 43(2), 84–86. doi:10.1590/S0325-75412011000200003
125. Ribeiro, R. de O., Mársico, E. T., de Jesus, E. F., da Silva Carneiro, C., Júnior, C. A., de Almeida, E., & Filho, V. F. (2014). Determination of trace elements in honey from different regions in Rio de Janeiro State (Brazil) by total reflection X-ray fluorescence. *Journal of Food Science*, 79(4), T738–T742. doi:10.1111/1750-3841.12363
126. Roman, A. (2010). Levels of copper, selenium, lead, and cadmium in forager bees. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(3), 663–669.

127. Romero, S., Nastasa, A., Chapman, A., Kwong, W. K., & Foster, L. J. (2019). The honey bee gut microbiota: strategies for study and characterization. *Insect Molecular Biology*, 28(4):455-472. doi:10.1111/imb.12567
128. Roy, C., Vidal-Naquet, N., & Provost, B. (2016). A severe *Sacbrood virus* outbreak in a honeybee (*Apis mellifera L.*) colony: a case report. *Veterinárni Medicína*, 60(6), 330–335. doi:10.17221/8248-vetmed
129. Sajid, M., Na, N., Safdar, M., Lu, X., Ma, L., He, L., & Ouyang, J. (2013). Rapid trace level determination of sulfonamide residues in honey with online extraction using short C-18 column by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatography. A*, 1314, 173–179. doi:10.1016/j.chroma.2013.09.020
130. Samarghandian, S, Farkhondeh, T, & Samini, F. (2017). Honey and health: A review of recent clinical research. *Pharmacognosy Research*, 9(2), 121-127. doi:10.4103/0974-8490.204647.
131. Saranchuk, I. I., Vishchur, V. Y., Gutyj, B. V. & Klim, O. Y. (2021). Effect of various amounts of sunflower oil in feed additives on breast tissues functional condition, reproductivity, and productivity of honey bees. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 344–349. doi: 10.15421/2021\_51
132. Schulz, M., Łos, A., Grzybek, M., Scibior, R., & Strachecka, A. (2019). Piperine as a new natural supplement with beneficial effects on the life-span and defence system of honeybees. *Journal of Agricultural Science*, 157, 140–149. doi:10.1017/S0021859619000431
133. Seitz, N., Traynor, K.S., Steinhauer, N., Rennich, K., Wilson, M.E., Ellis, J.D., Rose, R., Tarpy, D.R., Sagili, R.R., Caron, D.M., Delaplane, K.S., Rangel, J., Kathleen, L., Baylis, K., Wilkes, J.T., Skinner, J.A. Pettis J.S., & vanEngelsdorp D. (2015). A national survey of managed honey bee 2014–2015 annual colony losses in the USA. *Journal of Apicultural Research*, 54(4), 292-304. doi:10.1080/00218839.2016.1153294
134. Shcherbakov, A. B., Zholobak, N. M., & Ivanov, V. K. (2020). Biological, biomedical and pharmaceutical applications of cerium oxide. *Cerium Oxide*

- (CeO<sub>2</sub>): Synthesis, Properties and Applications, 279–358. [doi:10.1016/b978-0-12-815661-2.00008-6](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815661-2.00008-6)
135. Singh, I., & Singh, S. (2018). Honey moisture reduction and its quality. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3861–3871. [doi:10.1007/s13197-018-3341-5](https://doi.org/10.1007/s13197-018-3341-5)
136. Soares, S., Grazina, L., Mafra, I., Costa, J., Pinto, M. A., Duc, H. P., Oliveira, M. B. P. P., & Amaral, J. S. (2018). Novel diagnostic tools for Asian (*Apis cerana*) and European (*Apis mellifera*) honey authentication. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 105, 686–693. [doi:10.1016/j.foodres.2017.11.081](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.081)
137. Stanimirović, Z., Glavinić, U., Ristanić, M., Aleksić, N., Jovanović, N., Vejnović, B., & Stevanović, J. (2019). Looking for the causes of and solutions to the issue of honey bee colony losses. *Acta Veterinaria-Beograd*, 69(1), 1–31. [10.2478/acve-2019-0001](https://doi.org/10.2478/acve-2019-0001)
138. Sun, L., Li, M., Fei, D., Diao, Q., Wang, J., Li, L., & Ma, M. (2018). Preparation and application of egg yolk antibodies against *Chinese Sacbrood virus* infection. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1814. [doi:10.3389/fmicb.2018.01814](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01814)
139. Sun, L., Zhang, X., Xu, S., Hou, C., Xu, J., Zhao, D., & Chen, Y. (2021). Antiviral activities of a medicinal plant extract against *Sacbrood virus* in honeybees. *Virology Journal*, 18(1), 83. [doi:10.1186/s12985-021-01550-y](https://doi.org/10.1186/s12985-021-01550-y)
140. Tafere, D. A. (2021). Chemical composition and uses of honey: a review. *Journal of Food Science and Nutrition Research* 3(4): 194-201 [doi:10.26502/jfsnr.2642-11000072](https://doi.org/10.26502/jfsnr.2642-11000072)
141. Tantillo, G., Bottaro, M., Di Pinto, A., Martella, V., Di Pinto, P., & Terio, V. (2015). Virus infections of honeybees *Apis mellifera*. *Italian Journal of Food Safety*, 4(3), 5364. [doi:10.4081/ijfs.2015.5364](https://doi.org/10.4081/ijfs.2015.5364)
142. Tawfik, A. I., Ahmed, Z. H., Abdel-Rahman, M. F. & Moustafa, A. M. (2020). Influence of winter feeding on colony development and the antioxidant system

- of the honey bee, *Apis mellifera*. Journal of Apicultural Research, 59, 752–763. [doi:10.1080/00218839.2020.1752456](https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1752456)
143. Tejerina, M. R., Cabana, M. J., & Benitez-Ahrendts, M. R. (2021). Strains of *Lactobacillus spp.* reduce chalkbrood in *Apis mellifera*. Journal of Invertebrate Pathology, 178, 107521. [doi:10.1016/j.jip.2020.10752](https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.10752)
  144. Tlak, Gajger, I., Vlainić, J., Šoštarić, P., Prešern, J., Bubnič, J., & Smodiš, Škerl, M. I. (2020). Effects on some therapeutical, biochemical, and immunological parameters of honey bee (*Apis mellifera*) exposed to probiotic treatments, in field and laboratory conditions. Insects, 11(9), 638. [doi:10.3390/insects11090638](https://doi.org/10.3390/insects11090638)
  145. Topal, E., Mărgăoan, R., Bay, V., Takma, Ç., Yücel, B., Oskay, D., Düz, G., Acar, S. & Kösoğlu, M. (2022). The effect of supplementary feeding with different pollens in autumn on colony development under natural environment and in vitro lifespan of honey bees. Insects, 13, 588. [doi:10.3390/insects13070588](https://doi.org/10.3390/insects13070588)
  146. Topal, E., Yücel, B., Tunca, R. I. & Kösoğlu, M. (2019). Effect of feeding honey bees on colony dynamics. Journal of the Institute of Science and Technology, 9, 2398–2408. [doi:10.21597/jist.532124](https://doi.org/10.21597/jist.532124)
  147. Tutun, H., Kaya, M.M., Usluer, M.S., & Kahraman, H.A. (2021). Bee pollen: it's antioxidant activity. Uludag Bee Journal, 1(21), 119-131. [doi:10.31467/uluaricilik.896045](https://doi.org/10.31467/uluaricilik.896045)
  148. Ullah, A., Shahzad, M. F., Iqbal, J. & Baloch, M. S. (2021). Nutritional effects of supplementary diets on brood development, biological activities and honey production of *Apis mellifera L.* Saudi Journal of Biological Sciences, 28(12), 6861–6868. [doi:10.1016/j.sjbs.2021.07.067](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.07.067)
  149. Vinichenko, S.A. (2021). Conditions of functioning and development of enterprises in the market of beekeeping products. Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Economic sciences, 2(5), 95-101.
  150. Voyslavov, T., Mladenova, E., & Balkanska, R. (2021). A new approach for determination of the botanical origin of monofloral bee honey, combining



- mineral content, physicochemical parameters, and self-organizing maps. *Molecules*, 26(23), 7219. [doi:10.3390/molecules26237219](https://doi.org/10.3390/molecules26237219)
151. Wang, S., Chen, G., Lin, Z., Wu, Y., Hu, F., & Zheng, H. (2019). Occurrence of multiple honeybee viruses in the ectoparasitic mites *Varroa spp.* in *Apis cerana* colonies. *Journal of Invertebrate Pathology*, 166, 107225. [doi:10.1016/j.jip.2019.107225](https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.107225)
  152. Wei, R., Cao, L., Feng, Y., Chen, Y., Chen, G., & Zheng, H. (2022). *Sacbrood virus*: a growing threat to honeybees and wild pollinators. *Viruses*, 14, 1871. [doi:10.3390/v14091871](https://doi.org/10.3390/v14091871)
  153. Wen, Y. Q., Zhang, J., Li, Y., Chen, L., Zhao, W., Zhou, J., & Jin, Y. (2017). Characterization of Chinese unifloral honeys based on proline and phenolic content as markers of botanical origin, using multivariate analysis. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(5), 735. [doi:10.3390/molecules22050735](https://doi.org/10.3390/molecules22050735)
  154. White, G.F. (1913). *Sacbrood, a disease of bees*. US Department of Agriculture, Bureau of Entomology, Washington, DC, USA.
  155. Wilde J., editor. (2013). *Encyklopedia Pszczelarska [Beekeeping Encyclopedia]* Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne; Warszawa, Poland: (In Polish)
  156. World Health Organization. Food and Agriculture Organization of the United Nations (1987). Rev. 1, (2001). Rev. 2. Codex Alimentarius Standard. Revised Codex Standard for Honey 12–1981. [(accessed on 20 August 2019)]; Available online: <http://ihc-platform.net/codex2001.pdf>
  157. Yongsawas, R., Chaimanee, V., Pettis, J. S., Boncristiani Junior, H. F., Lopez, D., In-on, A., Chantawannakul, P., & Disayathanoowat, T. (2020). Impact of *Sacbrood virus* on larval microbiome of *Apis mellifera* and *Apis cerana*. *Insects*, 11 (7), 439. [doi:10.3390/insects11070439](https://doi.org/10.3390/insects11070439)
  158. Zhang, L. (2018). Prevention and control of *Chinese sacbrood virus*. *Chinese Journal of Livestoc and Poultry Breeding*, 14, 143–144.
  159. Андрусичина, І.М., Лампека, О.Г., Голуб, І.О., Лубянова, І.П., & Харченко, Т.Д. (2014). Методичні рекомендації (111) 72.14/133.14

- Оцінка порушень мінерального обміну у професійних контингентів за допомогою методу атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. К. Авіцена, 60 с.
160. Гальперін, О. І., Руденко, К. О., Придиус, І. О., Каплуненко, А. М., & Фролова, Г. М. (2019). Значення мікроелементів церію та германію для підтримки морфо-функціонального статусу організму. Вісник проблем біології і медицини. 1(2). (149). 24-29.
161. Двилюк, І. (2018). Мінерально-ліпідний склад організму медоносної бджоли та біологічна цінність меду в літньо-осінній період за умов годівлі медоносних бджіл цитратно-кепованими наночастинками срібла та міді. Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Сільськогосподарські науки, 20(89), 89-94. [doi:10.32718/nvlvet8917](https://doi.org/10.32718/nvlvet8917)
162. ДСТУ 4497:2005 Мед натуральний. Технічні умови: [Чинний від 28 грудня 2005 р.]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 21 с
163. Ковальчук, І.І., Федорук, Р.С., Микола, С.Ю., & Цап, М.М., Пилипець, А.З., & Андрошулік, Р.Л. (2023). Вплив пробіотику *Lactobacillus casei* В-7280, доданого в різних дозуваннях з цукровим сиропом, на життєдіяльність бджіл. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Ветеринарна медицина, 1(60), 39-45. [doi:10.32782/bsnau.vet.2023.1.7](https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2023.1.7)
164. Ковальчук, І.І. (2015). Важкі метали та ліпіди тканин і продукції бджіл за умов традиційного і органічного бджільництва та способу корекції їхніх рівнів. Автореф. дис...док. вет. наук. Львів
165. Про затвердження Вимог до меду Наказ Міністерство аграрної політики та продовольства України 19.06.2019 № 330 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0725-19#Text>
166. Разанов, С.Ф., Недашківський, В.М., & Мельник, В.О. (2020). Ефективність білкової підгодівлі бджолиних сімей за нарощування їх сили до запилення озимого ріпаку. Збірник наукових праць. Технологія

- виробництва і переробки продукції тваринництва, 1. 105–110.  
[doi:10.33245/2310-9270-2020-157-1-105-110](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-105-110)
167. Разанова, О. (2021). Вплив стимулюючої підкормки комплексними препаратами на розвиток бджолиних сімей. *Știința Agricolă*. 1. 123-128.  
[doi:10.5281/zenodo.5090724](https://doi.org/10.5281/zenodo.5090724)
168. Разанова, О. П., & Скрипник, С. В. (2022). Вплив пробіотичних препаратів на розвиток бджолосімей у весняний період. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*, (2), 54-60. [doi:10.32845/bsnau.lvst.2022.2.8](https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2022.2.8)
169. Якубчак, О. М., & Єрмак, А. В. (2019). Вплив германію цитрату на показники якості та безпечності меду натурального. *Наукові доповіді НУБіП України*, 2(78), 1-9. [doi:10.31548/dopovidi2019.02.019](https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.019)

ДОДАТКИ

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection

1. Lazarijeva, L., Akymenko, L., Postoienko, H., Postoienko, V., **Nikitina, L.**, Zasiiekin, D., Razanov, S., Nedosekov, V., Amons, S., Razanova, A., & Symochko, L. (2023). Specific quality indicators of monofloral linden honey. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 13(1), 161-168 <https://doi.org/10.31407/ijeess13.1> (VoS). *(Nikitina L. проведено аналіз літературних та нормативних даних, систематизовано результати досліджень, визначено мету, актуальність та практичне значення результатів досліджень. Lazarijeva L. розроблено критерії оцінки якості монофлорного липового меду на основі визначення його органолептичних, фізико-хімічних показників, пилкового аналізу, встановлено відповідність вимогам стандартів якості. Akymenko L. зроблено аналіз та порівнянні отриманих результатів аналізу якості липового меду з різних регіонів України. Postoienko H. зроблено аналіз якості липового меду. Postoienko V. проведено організацію дослідження органолептичних, фізико-хімічних показників липового меду. Zasiiekin D. розроблено програму дослідження і зроблено інтерпретацію отриманих результатів. Razanov S. зроблено аналіз і ідентифікацію пилкових зерен липового меду. Nedosekov V. здійснено узагальнення отриманих результатів, підготовлено висновки. Amons S. зроблено оформлення ілюстративного матеріалу до статті. Razanova A. виконано статистичну обробку отриманих результатів дослідження липового меду. Symochko L. сформульовано наукову новизну, узгоджено вимоги до оформлення статті з редколегією журналу).*

### Статті у наукових фахових виданнях України

2. **Нікітіна, Л. М.**, Засєкін, Д. А., Жолобак, Н. М., Постоєнко, В. О., Єфіменко, Т. М., & Односум, Г. В. (2022). Біологічна ефективність колоїдного (нанорозмірного) діоксиду церію у бджіл *Apis mellifera*. *Вісник ПДАА*, 4, 148–157. doi:10.31210/visnyk2022.04.18 *(Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу наноцерію на виживання бджіл, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено статтю до друку. Засєкін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Жолобак Н.М. розробила програму дослідження, визначила ефективні дози препарату. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу. Єфіменко Т.М. здійснила оцінку виживання бджіл за обробки наноцерієм*

- діоксидом, зробила статистичну обробку даних. Односум Г.В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів).
3. Постоєнко, В. О., **Нікітіна, Л. М.**, Жолобак, Н. М., Засєкін, Д. А., Єфіменко, Т. М., Односум, Г. В., & Постоєнко, Г. В. (2023). Вплив пробіотика «апінормін» та наноцерію на показники тривалості життя бджіл у лабораторних умовах. Бджільництво України, 1(9), 92-98. doi:10.46913/beekeepingjournal.2022.9.13 (Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу наноцерію на тривалість життя бджіл, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено статтю до друку. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу. Жолобак Н.М. розробила програму дослідження, визначила ефективні дози апінорміну та наноцерію для бджіл. Засєкін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних щодо застосування наноцерію діоксиду бджолам та їх інтерпретацію. Єфіменко Т.М. здійснила оцінку виживання бджіл за обробки апінорміном, зробила статистичну обробку даних. Односум Г.В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів. Постоєнко Г.В. проведено дослід з вивчення впливу апінорміну на тривалість життя бджіл).
  4. Єфіменко, Т. М., Односум, Г. В., Постоєнко, Г. В., **Нікітіна, Л. М.**, & Воробій, О. А. (2023). Визначення пролонгованої дії пробіотика «апінормін» і діоксиду церію на стан зимівлі бджолиних сімей і літній прояв у них мішечкуватого розплоду. Бджільництво України, (10), 21-26. doi:10.46913/beekeepingjournal.2022.10.03 (Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу діоксиду церію на стан зимівлі бджолиних сімей і літній прояв мішечкуватого розплоду, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено статтю до друку. Єфіменко Т. М. здійснила оцінку пролонгованої дії апінорміну на бджіл, зробила статистичну обробку даних. Односум Г. В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів. Постоєнко Г. В. проведено дослід з вивчення пролонгованого впливу апінорміну на стан зимівлі бджіл. Воробій О. А. проведено дослід з вивчення пролонгованого впливу апінорміну на літній прояв мішечкуватого розплоду бджіл).
  5. Лазарева, Л. М., Акименко, Л. І., Постоєнко, В. О., & **Нікітіна, Л. М.** (2023). Залежність показників якості меду з липи від складу пилоквих зерен. Бджільництво України, (11), 57-69. doi:10.46913/beekeepingjournal.2023.11.08 (Нікітіною Л.М. проведено аналіз літературних та нормативних даних, систематизовано результати досліджень, визначено мету, актуальність та практичне значення результатів досліджень. Лазаревою Л.М. розроблено критерії оцінки якості меду з урахуванням складу пилоквих зерен, визначення його органолептичних, фізико-хімічних показників. Акименко Л.І. сформульовано наукову новизну, узгоджено вимоги до оформлення статті з редколегією

журналу. *Постоєнком В.О. здійснено організацію дослідження органолептичних, фізико-хімічних показників липового меду).*

6. **Нікітіна, Л.М., & Засєкін, Д.А.** (2024). Мінеральний склад тіла бджіл і продуктів бджільництва за підгодівлі наноцерію діоксидом. Наукові доповіді НУБіП України, 1/107. 1-11. doi:10.31548/dopovidi.1(107).2024.019 (*Нікітіною Л.М виконано дослідження мінерального складу тіла бджіл та меду та воску, зроблено аналіз отриманих результатів. Засєкіним Д.А. проведено аналіз літературних та нормативних даних, визначено актуальність, систематизовано результати досліджень, сформульовано наукову новизну, підготовлено статтю до друку відповідно до вимог видання).*

#### Тези наукових доповідей

7. **Нікітіна, Л. М., Жолобак, Н. М., Постоєнко, В. О., Єфіменко, Т. М., Односум, Г. В., Воробій, О. А., Коваленко, І. А., & Тлуста Ю. П.** (2021). Вплив колоїдного (нанорозмірного) церію діоксиду на природне відмирання бджіл. Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології: матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю (20 серпня 2021 р.), Київ: ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», 20–23. (*Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу наноцерію на природне відмирання бджіл, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Жолобак Н.М. здійснила аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу. Єфіменко Т.М. здійснила оцінку природного відмирання бджіл за обробки наноцерієм діоксидом. Односум Г.В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів. Воробій О.А. визначила ефективні дози наноцерію діоксиду для бджіл. Коваленко І.А. виконано статистичну обробку даних. Тлустою Ю.П. сформульовано висновки та погоджено їх зміст з співавторами).*
8. **Никитина, Л., Жолобак, Н., Постоєнко, В., Єфіменко, Т., & Односум, А.** (2021). Динамика естественной гибели пчёл (*Apis mellifera l.*) при условии контактного или перорального введения коллоидного (наноразмерного) церия диоксида ( $\text{CeO}_2$ ). Scientific Collection «InterConf»: Experimental and theoretical research in modern science (November 4-5, 2021). Kishinev, Moldova, (83). 225-232. <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/15776> (*Никитина Л. провела дослід з вивчення контактного та перорального впливу наноцерію на природне відмирання бджіл, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Жолобак Н. здійснила аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Постоєнко В. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для*

- аналізу. Єфіменко Т. здійснила оцінку природного відмирання бджіл за контактної та пероральної обробки наноцерієм діоксидом. Односум Г.В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів).
9. **Нікітіна, Л.М.,** Засекін, Д.А., & Постоєнко, В.О. (2022). Перспективи застосування церію оксиду ( $\text{CeO}_2$ ) у бджільництві «Єдине здоров'я – 2022». Матеріали Міжнародної наукової конференції 22-24 вересня 2022 р. НУБіП України, м. Київ. 202-203. (Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення ефективності застосування наноцерію діоксиду на стан бджолиних сімей, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Засекін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу).
  10. **Нікітіна, Л. М.,** Постоєнко, В. О., Засекін, Д.А., Жолобак, Н. М., Єфіменко, Т. М., & Односум, Г. В., (2022). Вплив згодовування колоїдного (нанорозмірного) діоксиду церію на зимівлю бджіл. «Сучасне бджільництво: проблеми, досвід, нові технології». Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю (18 серпня 2022 р.), Київ: ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», 48–51. (Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення впливу діоксиду церію на стан зимівлі бджолиних сімей і прояв мішечкуватого розплоду, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Постоєнком В. О. здійснено організацію проведення дослід з вивчення впливу наноцерію діоксиду на стан зимівлі бджіл. Засекін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Жолобак Н.М. зроблено аналіз і підбір ефективних доз наноцерію діоксиду для бджіл. Єфіменко Т. М. зробила статистичну обробку даних. Односум Г. В. проведено аналіз літературних даних та нормативних документів).
  11. **Нікітіна, Л.М.,** Засекін, Д.А., & Постоєнко, В.О. (2023). Використання наночастинок діоксиду церію для профілактики інфекційних захворювань бджіл. «Бджільництво України: виклики військового часу та міжнародний досвід». Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю 18 серпня 2023 р. Київ: ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» 28-30. (Нікітіною Л.М. проведено дослід з вивчення ефективності застосування наноцерію діоксиду на прояв мішечкуватого розплоду бджолиних сімей, підготовлено тези до друку. Засекін Д.А. здійснив аналіз отриманих даних та їх інтерпретацію. Постоєнко В.О. організував проведення наукового експерименту та відбір біологічного матеріалу для аналізу).



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор підприємства  
ФОП «Ковальчук»



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ННЦ «Інститут бджільництва  
ім. П.І.Прокоповича»  
доктор сільськогосподарських наук,  
член-кореспондент НААН України,  
професор



## А К Т

**про виробничу перевірку ефективності застосування 2,9мМ розчину наночасток церію діоксиду для профілактичної обробки бджіл перед зимівлею.**

Ми, що нижче підписались, директор ФОП «Ковальчук» О.М. Ковальчук, науковий керівник, доктор ветеринарних наук, професор Засєкін Д.А., доктор сільськогосподарських наук, директор ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», член-кореспондент НААН, професор В.О. Постоєнко, здобувач ОНС «Доктор філософії» Л.М. Нікітіна склали цей акт в тому, що за період з листопада 2022 року по квітень 2023 року було проведено виробничі дослідження для визначення ефективності застосування 2,9 мМ розчину наночасток церію діоксиду для профілактичної обробки бджіл перед зимівлею в с. Майдан-Карачієвський, Віньковецького району Хмельницької області. З цією метою за принципом аналогів сформовано 2 групи – 1 контрольну та 1 дослідну по 7 бджолосімей в кожній. В ході дослідження 2,9мМ розчин наночасток церію діоксиду згодовували бджолам в об'ємі 1л на сім'ю з 50% цукровим сиропом 2 рази з інтервалом 7 днів у поєднанні з профілактичними фізичними та хімічними дезінфекційними заходами. Контрольна група отримувала 50% цукровий сироп. Ефективність препарату оцінювали за низкою показників, наведених в таблиці.

Облік результатів виробничої перевірки проводився навесні 2023 року на початку обльоту. Отримані результати наведені в Таблиці 1.

Таблиця 1. Вплив профілактичного застосування 2,9 мМ розчину наночасток церію діоксиду в осінній період (при підготовці до зимівлі) на стан бджолиних сімей.

Показники	Контрольна група	Дослідна група 1
Стан сімей навесні	Задовільний, загинула 1 із 7 бджолосімей	Добрий, зменшилася кількість підмору
Якість розплоду	Строкатий, з пропусками	Щільний, практично без пропусків
Активність бджіл	Бджоли менш активні, менше третини рамок обсижені бджолами	Бджоли активні, ранній обліт, більшість рамок обсижені бджолами
Стан гнізда	Чистий, без плям	Чистий, без плям

При застосуванні 2,9 мМ розчину наночасток діоксиду церію у запропонованій схемі покращується стан бджолиних сімей під час виходу із зимівлі за всіма досліджуваними показниками. Зокрема, в дослідній групі достовірно підвищилась активність бджіл у вулику. Спостерігається покращення якості розплоду. Стан гнізда в усіх дослідних групах був добрий, всі гнізда були чистими, що свідчить про якість залишеного на зиму корму. Рекомендовано під час активного медозбору визначити якість і безпечність меду та іншої продукції бджільництва у контрольних та дослідних сім'ях.

Директор ННЦ «Інститут бджільництва ім. П.І. Прокоповича», доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН України, професор



Професор кафедри ветеринарної гігієни ім. проф. А.К. Скороходька, д.вет.н., науковий керівник

Д.А. Засекін

Пасічник

О.М. Ковальчук



Здобувач ОНС «Доктор філософії»

Л.М. Нікітіна

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор підприємства  
ФОП «Ковальчук»

М. Ковальчук

» 2023р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ННЦ «Інститут  
бджільництва ім. П.І.Прокоповича»  
доктор сільськогосподарських наук,  
член-кореспондент НААН України,  
професор

В.О. Постоєнко

» 2023р.

## А К Т

**про виробничу перевірку ефективності застосування 2,9мМ розчину наночасток церію діоксиду для профілактичної обробки бджіл у весняно-літній період.**

Ми, що нижче підписались, директор ФОП «Ковальчук» О.М. Ковальчук; науковий керівник, доктор ветеринарних наук, професор Д.А. Засекін, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України, директор ННЦ «Інститут бджільництва ім. П.І. Прокоповича» В.О. Постоєнко, здобувач ОНС «Доктор філософії» Л.М. Нікітіна склали цей акт в тому, що за період з березня 2023 року до серпня 2023 року було проведено виробничі дослідження для визначення ефективності 2,9 мМ розчину наночасток церію діоксиду при підгодівлі (профілактичній обробці) бджіл у весняно-літній період в с. Майдан-Карачієвський, Віньковецького району Хмельницької області. З цією метою за принципом аналогів сформовано 2 групи – 1 контрольну та 1 дослідну по 7 бджолосімей в кожній. . В ході дослідження 2,9мМ розчин наночасток церію діоксиду в складі 50% цукрового сиропу в об'ємі 1л на сім'ю згодовувався бджолам 2 рази на місяць (у квітні, червні та липні) з інтервалом в 7 днів у поєднанні з вилученням матки на термін виведення нової матки та профілактичною дезінфекцією. Контрольна група отримувала чистий 50% цукровий сироп. Ефективність препарату оцінювали за рядом показників, наведених в таблиці.

Облік результатів виробничої перевірки проводився 1 раз/місяць протягом всього сезону медозбору. Отримані результати наведені в Таблиці 1.

## Продовження додатку Б

Таблиця 1. Вплив профілактичного застосування 2,9 мМ розчину наночастинок церію діоксиду у весняно-літній період на стан і продуктивність бджолиних сімей

	Показники	Контрольна група	Дослідна група 1
1			
1	Стан сімей	Добрий	Добрий
2	Якість розплоду	Строкатий, 1 сім'я із 7 з пропусками	Щільний, практично без пропусків
3	Активність бджіл	Бджоли активні	Бджоли більш активні, рамки обсиджені бджолами
4	Стійкість до збудників інфекційних хвороб	Виявлено 1 із 7 бджолосімей з клінічними ознаками захворювання	Стійкі

При застосуванні 2,9мМ розчину наночастинок церію діоксиду у запропонованій схемі у дослідній групі покращується стан бджолиних сімей під час сезону медозбору за всіма досліджуваними показниками. За показником стійкості до збудників захворювань у дослідній групі не виявлено клінічних ознак хвороб бджіл, порівняно з контролем.

Директор ННЦ «Інститут бджільництва ім. П.І. Прокоповича»,  
доктор сільськогосподарських наук,  
член-кореспондент НААН України,  
професор

В.О. Постоєнко



Пасічник

О.М. Ковальчук



Професор кафедри ветеринарної гігієни ім. проф. А.К. Скороходька,  
д.вет.н., науковий керівник

Д.А. Засекін

Здобувач ОНС «Доктор філософії»

Л.М. Нікітіна