

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

УДК 638.12:638.144:638.16/.17

**МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД ТІЛА БДЖІЛ І ПРОДУКТІВ БДЖІЛЬНИЦТВА
ЗА ПІДГОДІВЛІ НАНОЦЕРІЮ ДІОКСИДОМ****Л. М. Нікітіна**, здобувач наукового ступеня доктор філософії,<https://orcid.org/0000-0002-8153-2812>E-mail: lesja.nikitina@gmail.com**Д. А. ЗАСЄКІН**, доктор ветеринарних наук, професор,<https://orcid.org/0000-0001-9358-214X>E-mail: ndizdvtv@gmail.com**Національний університет біоресурсів і природокористування України**[https://doi.org/10.31548/dopovid.1\(107\).2024.019](https://doi.org/10.31548/dopovid.1(107).2024.019)

Анотація. Пошук ефективних засобів для профілактики захворювань медоносних бджіл є актуальним завданням сьогодення, оскільки Україна входить в п'ятірку лідерів з виробництва та експорту меду на міжнародний ринок. Застосування нанопрепаратів з профілактичною метою за вірусних захворювань бджіл, а також для збагачення продуктів бджільництва біологічно активними сполуками набуває все більшого поширення. Одним з таких засобів є наносполуки церію, зокрема його діоксид, який володіє унікальними антиоксидантними властивостями, корисними як для бджіл, так і для споживачів продуктів бджільництва. Метою досліджень було з'ясувати вплив підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду на якість меду, мінеральний склад тіла бджіл, меду та воску.

Дослід проведено в 2023 році на базі ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича». Для дослідження 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. Контрольним сім'ям бджіл згодовували натуральний мед. Показники якості меду визначали згідно чинних нормативних документів, вміст хімічних елементів (Ca, Mg, Zn, Se) у біологічних субстратах бджіл, меду та воску визначали методом оптико-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою на приладі "Optima 2100 DV" (США).

Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду суттєво не впливала на масову частку води, вміст проліну в меді бджолиному, а також діастазну активність меду. При цьому виявлено збільшення вмісту церію в тілі бджіл у 6,2 раза ($p \leq 0,05$), на фоні зниження вмісту магнію на 13,8% ($p \leq 0,05$) та селену на 14,5 % ($p \leq 0,05$) порівняно з контрольною групою. Вміст цинку в тілі бджіл під впливом наноцерію діоксиду не змінювався.

Доведено здатність церію накопичуватись у меді бджолиному за підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду. При цьому виявлено збільшення вмісту церію у меді бджолиному у 8,6 раза ($p \leq 0,05$) за стабільного

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

рівня магнію, цинку та селену порівняно з аналогічними показниками контрольної групи.

Використання для підгодівлі бджолиних сімей меду з добавкою наноцерію діоксиду практично не впливало на вміст магнію, цинку і селену у воску, але сприяло збільшенню вмісту церію у бджолиному воску в 1,9 раза ($p \leq 0,05$) порівняно з даними контрольної групи. Виявлено сильний ступінь залежності вмісту церію у воску від його вмісту в тілі бджіл – $r=0,77$. Величина достовірності апроксимації дорівнює $R^2=0,78$, тобто 78 % дослідних даних описують дану залежність.

Отримані результати досліджень демонструють здатність бджіл засвоювати наносполуки церію і виробляти мед та віск, збагачені церієм, що може бути використано у профілактиці порушень антиоксидантного стану організму людини і тварин.

Ключові слова: медоносна бджола, наносполуки церію, магній, цинк, селен

Актуальність теми. Для профілактики і лікування багатьох видів захворювань тварин і людини використовується значна кількість нанопрепаратів, зокрема і рідкоземельних металів, до яких відноситься сполуки церію. Оксид наноцерію (CeO_2) – це хімічна сполука, яку отримують випалюванням оксалату церію чи гідроксиду церію. Нанотехнології останнім часом набули широкого розповсюдження в гуманній та ветеринарній медицині, а також у тваринництві, рослинництві та харчовій промисловості (Kończak et al., 2023; Shcherbakov., Zholobak, Ivanov, 2020). Щодо наночастинок оксиду церію, то вони себе зарекомендували як засоби, здатні підвищувати активність антиоксидантного захисту та ефективність антимікробних препаратів. Крім того, їм притаманна віруліцидна, бактерицидна та фунгіцидна дія (Abdi, Said, Cherif,

2023; Abou-Shaara H, F., Staron M., Staroňová, 2020).

Нині є особливо актуальними дослідження щодо застосування нанопрепаратів з профілактичною метою за вірусних захворювань бджіл, а також для збагачення продуктів бджільництва церієм, оскільки наночастки його оксиду володіють унікальними антиоксидантними властивостями, корисними як для бджіл, так і для споживачів продуктів бджільництва.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нанорозмірний діоксид церію має ряд специфічних властивостей, включаючи здатність брати участь в оборотних окисно-відновних процесах за фізіологічних температур, надзвичайно низьку розчинність, здатність імітувати функції багатьох природних ферментів і низьку токсичність в організмі тварин і людини (Shcherbakov, Zholobak, Ivanov, 2020). У зв'язку з цим він є важливим

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

матеріалом для ряду сучасних біомедичних застосувань.

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 (Kobyliak et al. 2017).

Біологічна активність нанорозмірного CeO_2 визначається високою реакційною здатністю його поверхні та здатністю взаємодіяти з різними органічними сполуками в умовах живого організму. Церію діоксид відноситься до ефективних засобів, здатних впливати на тривалість життя бджіл і продуктивність бджолиних сімей (Kovalchuk et al., 2019).

Встановлено, що для покриття дефіциту природної кормової бази застосовується додаткова стимулююча підгодівля бджолиних сімей медом чи цукровим сиропом з добавками наносполук в якості біологічно активних речовин, яка підвищує їх продуктивність, інтенсивність розвитку та життєздатність (Schulz et al., 2019).

Нині особливої уваги заслуговує вивчення впливу наноцерію діоксиду на організм бджіл, стан бджолиних сімей, якість і безпечність продуктів бджільництва з метою профілактики хвороб, подовження терміну їх продуктивного використання (Shcherbakov, Zholobak, Ivanov, 2020).

Дослідження впливу наноцерію 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 церій.

Мета. З'ясувати вплив підгодівлі бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду на якість меду, мінеральний склад тіла бджіл, меду та воску.

Методи. Дослід проведено в період з 1.03.2023 до 18.04.2023 року на базі ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича». В досліді використана українська степова порода бджіл *Apis mellifera*.

Для дослідження 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 –

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

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.

Визначення показників якості меду: масової частки води, діастазної активності і вмісту проліну проводили за ДСТУ 4497:2005 [ДСТУ 4497:2005]. Вміст хімічних елементів (Ce, 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) (Андрусишина,

2014). 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 $x \pm SD$. Різницю між групами вважали вірогідною з використанням тесту Tukey при $p \leq 0,05$.

Результати. Підгодівля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду суттєво не впливала на масову частку води і вміст проліну в меді бджолиному, а також діастазну активність меду (табл. 1).

1. 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

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

Підгодівля бджіл медом з добавкою наноцерію діоксиду показала, що концентрація мінеральних елементів у тілі бджіл зазнала суттєвих змін (табл. 2).

2. Мінеральний склад тіла бджіл за підгодовлі 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 ($p \leq 0,05$) 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 підгодовлі медом з добавкою наноцерію діоксиду знизився на 13,8% ($p \leq 0,05$)

порівняно з контрольною групою. Аналогічних змін зазнавав і вміст селену в тілі бджіл за підгодовлі медом з добавкою наноцерію діоксиду. При цьому його рівень у тілі бджіл дослідної групи знизився на 14,5 % ($p \leq 0,05$) порівняно з контрольною групою.

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

Підгодовля бджолиних сімей медом з добавкою наноцерію діоксиду показала, що вміст церію у меді бджолиному зріс у 8,6 раза ($p \leq 0,05$) порівняно з аналогічними показниками контрольної групи (табл. 3).

3. Мінеральний склад меду бджолиного після підгодовлі 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

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

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

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. У середньому вміст мікроелементів у медах зменшувався в порядку: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni}$ (Kasapiova, 2009).

Дані, отримані дослідниками з Туреччини, також свідчать про значну варіацію вмісту мінеральних елементів у медах, який залежить від

джерела нектару, медвяної роси, пилку та умов навколишнього середовища (Altunatmaz et al., 2014; Kılıç Altun, 2017; Tafere, 2021).

Отримані нами дані свідчать про залежність вмісту церію в тілі бджіл і меді, який вони виробляють. Одним з важливих продуктів бджільництва є віск, хімічний склад якого залежить від ботанічного складу пилюконосів і медоносів.

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. 4).

Лінія регресії показує, що між вмістом церію у воску і тілі бджіл існує прямий лінійний зв'язок (рис. 1).

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

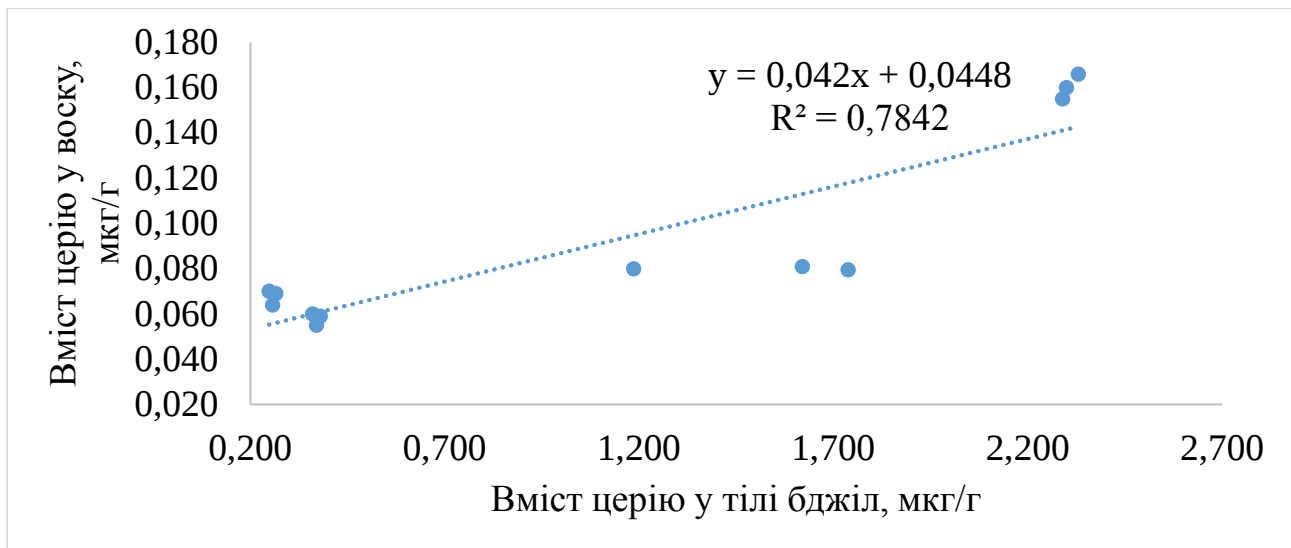


Рис. 1. Залежність вмісту церію у воску від його вмісту в тілі бджіл за підгодовлі бджолиних сімей медом з добавкою наночерію діоксиду, n = 12

Однак надходження наночерію в організм бджіл сприяло збільшенню вмісту церію у бджолиному воску в 1,9 раза ($p \leq 0,05$) порівняно з контролем. Отримані дані показали сильний ступінь залежності вмісту церію у воску від його вмісту в тілі бджіл – $r=0,77$.

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

Результати досліджень ряду дослідників показали, що на мінеральний склад воску більшою мірою впливав вік стільника та географічне походження медоносів, тоді як вплив джерела підгодовлі чи окремих мінеральних компонентів практично не досліджено [6, 7].

Висновки

1. Підгодовля бджолиних сімей медом з добавкою наночерію діоксиду суттєво не впливала на

масову частку води і вміст проліну в меді бджолиному, а також діастазну активність меду.

2. Використання добавки наночерію діоксиду до меду для підгодовлі бджолиних сімей сприяло збільшенню вмісту церію в тілі бджіл у 6,2 раза ($p \leq 0,05$) за одночасного зниження вмісту магнію на 13,8% ($p \leq 0,05$) та селену на 14,5 % ($p \leq 0,05$). Вміст цинку в тілі бджіл під впливом наночерію діоксиду не змінювався.

3. За підгодовлі бджолиних сімей медом з добавкою наночерію діоксиду виявлено збільшення вмісту церію у меді бджолиному у 8,6 раза ($p \leq 0,05$) за незмінного вмісту магнію, цинку та селену.

4. Підгодовля бджолиних сімей медом з добавкою наночерію діоксиду практично не впливала на вміст магнію, цинку і селену у воску порівняно з даними контрольної групи сприяла збільшенню вмісту

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

церію у бджолиному воску в 1,9 раза ($p \leq 0,05$) порівняно з контролем. Виявлено сильний ступінь залежності

вмісту церію у воску від його вмісту в тілі бджіл – $r=0,77$.

Список використаних джерел

1. Андрусишина І.М., Лампека О.Г., Голуб І.О., Лубянова І.П., Харченко Т.Д. Методичні рекомендації (111) 72.14/133.14. Оцінка порушень мінерального обміну у професійних контингентів за допомогою методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою. 2014. К.: Авіцена, 60 с.
2. ДСТУ 4497:2005. Мед натуральний. Технічні умови: [Чинний від 28 грудня 2005 р.]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 21 с
3. Abdi K., Said M., Cherif A. The promise of probiotics in honeybee health and disease management. Archives of Microbiology. 2023. Vol. 205. P. 73. [doi:10.1007/s00203-023-03416-z](https://doi.org/10.1007/s00203-023-03416-z)
4. Abou-Shaara H, F., Staron M., Staroňová D. Potential applications of nanotechnology in apiculture. Entomology and Applied Science Letters. 2020. Vol. 7. Is. 4. P. 1-8.
5. Altunatmaz S. S., Tarhan D., Aksu F., Ozsobaci N. P., Or M. E., Barutcu U. B. Levels of chromium, copper, iron, magnesium, manganese, selenium, zinc, cadmium, lead and aluminium of honey varieties produced in Turkey. Food Science and Technology. 2018. Vol. 39. P. 392–397. [doi:10.1590/fst.19718](https://doi.org/10.1590/fst.19718)
6. 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. 2019. Vol. 103. Is. 5. P. 697–703. [doi:10.1007/s00128-019-02713-y](https://doi.org/10.1007/s00128-019-02713-y)
7. Hassona N.M., El-Wahed A.A.A. Heavy metal concentrations of beeswax (*Apis mellifera* L.) at different ages. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2023. Vol. 111. P. 26. [doi:10.1007/s00128-023-03779-5](https://doi.org/10.1007/s00128-023-03779-5)
8. Kacaniova M., Knazovicka V., Melich M., Fikselova M., Massanyi P., Stawarz R., Hascik P., Pechociak T., Kuczkowska A., Putala 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. 2009. Vol. 44. Is. 4. P. 414–422. [doi:10.1080/10934520802659802](https://doi.org/10.1080/10934520802659802)

9. Kılıç Altun S., Dinç H., Paksoy N., Temamoğulları F. K., Savrunlu M. 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](https://doi.org/10.1155/2017/6391454)

10. 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. Cerium dioxide nanoparticles possess anti-inflammatory properties in the conditions of the obesity-associated NAFLD in rats. Biomedicine & Pharmacotherapy = Biomedecine & Pharmacotherapie. 2017. Vol. 90. P. 608–614. [doi:10.1016/j.biopha.2017.03.099](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.03.099)

11. Kołacz R., Iakubchak O., Taran T., Hryb J. Safety and quality indicators of rapeseed and sunflower honey from different regions of Ukraine. Ukrainian Journal of Veterinary Sciences. 2023. Vol. 14. Is. 1. P. 39-56. [doi:10.31548/veterinary1.2023.39](https://doi.org/10.31548/veterinary1.2023.39)

12. Kovalchuk I., Dvylyuk I., Leczyk Y., Dvylyuk I., Guttyj B. 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. 2019. Vol. 10. Is. 2. P. 177–181. [doi:10.15421/021926](https://doi.org/10.15421/021926)

13. Schulz M., Łos A., Grzybek M., Scibior R., Strachecka A. Piperine as a new natural supplement with beneficial effects on the life-span and defence system of honeybees. Journal of Agricultural Science. 2019. Vol. 157. P. 140–149. [doi:10.1017/S0021859619000431](https://doi.org/10.1017/S0021859619000431)

14. Shcherbakov A.B., Zholobak N.M., Ivanov V.K. Biological, biomedical and pharmaceutical applications of cerium oxide.

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

Cerium Oxide (CeO₂): Synthesis, Properties and Applications. 2020. P. 279–358. [doi:10.1016/b978-0-12-815661-2.00008-6](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815661-2.00008-6)

15. Tafere D. A. Chemical composition and uses of honey: a review. *Journal of Food Science and Nutrition Research*. 2021. Vol. 3. Is. 4. P. 194-201 [doi:10.26502/jfsnr.2642-11000072](https://doi.org/10.26502/jfsnr.2642-11000072)

References

1. Andrusyshina, I.M., Lampeka, O.G., Golub, I.O., Lubyanova, I.P., & Kharchenko, T.D. (2014). Methodological recommendations (111) 72.14/133.14 Assessment of mineral metabolism disorders in professional contingents using the method of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma. *Avicenna*, 60.

2. DSTU 4497:2005 Natural honeys. Specifications. [Effective from December 28, 2005]. *Derzhspozhivstandard of Ukraine*, 2005. 21 (National Standards of Ukraine)

3. 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)

4. Abou-Shaara, H. F., Staron, M., & Staroňová, D. (2020). Potential applications of nanotechnology in apiculture. *Entomology and Applied Science Letters*, 7 (4), 1-8.

5. Altunatmaz, S. S., Tarhan, D., Aksu, F., Ozsobaci, N. P., Or, M. E., & Barutcu, 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](https://doi.org/10.1590/fst.19718)

6. 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](https://doi.org/10.1007/s00128-019-02713-y)

7. 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](https://doi.org/10.1007/s00128-023-03779-5)

8. 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](https://doi.org/10.1080/10934520802659802)

9. 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](https://doi.org/10.1155/2017/6391454)

10. Kobyliak, 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](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.03.099)

11. 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](https://doi.org/10.31548/veterinary1.2023.39)

12. Kovalchuk, I., Dvylyuk, I., Lecyk, 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](https://doi.org/10.15421/021926)

13. 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](https://doi.org/10.1017/S0021859619000431)

14. Shcherbakov, A. B., Zholobak, N. M., & Ivanov, V. K. (2020). Biological, biomedical and pharmaceutical applications of

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

cerium oxide. Cerium Oxide (CeO₂): 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)

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)

15. Tafere, D. A. (2021). Chemical composition and uses of honey: a review.

MINERAL COMPOSITION OF BEES AND BEE PRODUCTS UNDERFEEDING WITH CERIUM DIOXIDE

L. M. Nikitina, D. A. Zasietskyn

Abstract. *The search for effective means to prevent diseases of honey bees is a relevant task today, as Ukraine is among the top five producers and exporters of honey to the international market. The use of nano preparations for preventive purposes against viral diseases of bees, as well as for enriching bee products with biologically active compounds, is becoming increasingly widespread. One such means is cerium nano-compounds, particularly its dioxide, which possesses unique antioxidant properties beneficial for both bees and consumers of bee products. The research aimed to investigate the effect of feeding bee colonies with honey containing cerium dioxide on the quality of honey, mineral composition of bee bodies, honey, and beeswax.*

The research was conducted in 2023 at the National Scientific Center "Institute of Beekeeping named after P.I. Prokopovich." For the study, two groups of bee colonies of medium strength were formed by the method of analog groups: control and experimental. Spring feeding of bee colonies was carried out with honey containing cerium dioxide at a dose of 1 mm once a day for 14 days, calculated at 1 kg per colony. Control bee colonies were fed natural honey. The quality indicators of honey were determined according to current regulatory documents, and the content of chemical elements (Ce, Mg, Zn, Se) in bee biological substrates, honey, and beeswax was determined by optical emission spectroscopy with inductively coupled plasma on the "Ortima 2100 DV" device (USA).

Feeding bee colonies with honey containing cerium dioxide significantly did not affect the moisture content, proline content in bee honey, and diastase activity of honey. At the same time, an increase in cerium content in bee bodies by 6.2 times ($p \leq 0.05$) was found, against a decrease in magnesium content by 13.8% ($p \leq 0.05$) and selenium by 14.5% ($p \leq 0.05$) compared to the control group. The zinc content in bee bodies under the influence of cerium dioxide did not change. The ability of cerium to accumulate in bee honey under the feeding of bee colonies with honey containing cerium dioxide was proven. At the same time, an increase in cerium content in bee honey by 8.6 times ($p \leq 0.05$) against a stable level of magnesium, zinc, and selenium compared to the control group was found.

The use of honey containing cerium dioxide for feeding bee colonies practically did not affect the magnesium, zinc, and selenium content in beeswax but contributed to an increase in cerium content in beeswax by 1.9 times ($p \leq 0.05$) compared to the control group. A strong degree of dependence of cerium content in beeswax on its content in bee bodies was found, with $r=0.77$. The reliability of the approximation is $R^2 = 0.78$, that is, 78% of the research data describe this dependence.

Нікітіна Л. М., Засєкін Д. А.

The obtained research results demonstrate the ability of bees to assimilate cerium nano-compounds and produce honey and beeswax enriched with cerium, which can be used in the prevention of disturbances in the antioxidant status of the human and animal body.

Keywords: honeybee, cerium nano-compounds, magnesium, zinc, selenium