

## ЕКОЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК СЕЛЕНУ

*Цехмістренко С.І.<sup>1</sup>, Бітюцький В.С.<sup>1</sup>, Цехмістренко О.С.<sup>1</sup>, Демченко О.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна

<sup>2</sup>Інститут вірусології та мікробіології ім. К.Д. Заболотного НАНУ, Київ, Україна

E-mail tsekhmistrenko-oksana@ukr.net

Нині для використання у сфері екології застосовують нанотехнології, які мають важливість для вдосконалення методів ремедіації компонентів навколишнього середовища, очищення води, підтримки здоров'я людини, тварин та птиці тощо. Проте необхідно аналізувати екологічні проблеми, які виникають у зв'язку з широким застосуванням наноматеріалів у різних сферах діяльності людини (промисловість, сільське господарство, медицина та ін.), усвідомлювати екологічні ризик, пов'язаний із розповсюдженням наночастинок у компонентах навколишнього середовища. Нанотехнології змінили всю парадигму націлювання фармпрепаратів (ліків) та продемонстрували величезний потенціал завдяки своїй специфічності.

Наночастинки, синтезовані з використанням рослинних екстрактів або фітокомпонентів, мають велике значення в розробці різних терапевтичних і діагностичних засобів [0]. Біогенний, “зелений” синтез наночастинок металів, оксидів металів та металоїдів за участі рослин та мікроорганізмів, поєднує в собі біологічні принципи з біохімічними підходами для отримання нанорозмірних функціональних частинок з необхідними властивостями [0; 0; 0]. Екологічна чистота виробництва наноматеріалів, застосування яких зростає значними темпами, є актуальною проблемою сьогодення [0]. Переваги подальшого синтезу біологічними засобами, тобто з використанням мікроорганізмів, таких як дріжджі, гриби, бактерії та з частин рослин, таких як стебло, корінь, листя, кора, квіти тощо, включають нетоксичність, легку відтворюваність та економічну ефективність [0; 0; 0; 0].

Для поверхневих модифікацій / функціоналізації цих наноматеріалів використовуються різні стратегії та біомодифікатори, зокрема флавоноїди. Флавоноїди – це один із найбільш широко розповсюджених класів сполук, які зустрічаються в овочах та фруктах. Їх молекули побудовані із двох фенільних залишків, з'єднаних пропановою ланкою, яка може замикатись у кисневмісний гетероцикл.

Кверцетин являє собою флавонол, що міститься в різних типах фруктів, овочів та рослин, включаючи: ягоди, яблука, помідори, какао, цибулю та лікарські рослини Це антиоксидантний флавоноїд, який проявляє протизапальну активність за рахунок інгібування прозапальних цитокінів, окислювального стресу, активності інфламасоми NLRP3 у макрофагах, активації p65 NF-κB [0], передачі сигналів MAP-кіназ у макрофагах [0], активації p50 NF-κB у первинних кератиноцитах людини та продукції TNF-α, IL-1β та IL-6 у клітинах. Окрім інгібування прозапальних сигнальних шляхів, частина цього ефекту здійснюється за рахунок активації сенсорної сигнальної системи Keap1/Nrf2/ARE [6]. Однак погана розчинність у воді, інтенсивний метаболізм при першому проходженні обмежують клінічне застосування кверцетину [0]. Використання нанокомпозитних носіїв значно збільшує розчинність у воді та біодоступність кверцетину [0].

Біологічний синтез є одним з найбільш екологічно чистих методів синтезу наноструктур. Більше того, якщо синтез здійснюється за допомогою відходів, таких як рослинні відходи, то процес синтезу не тільки стає зеленим, але й екологічно чистим. Одними з таких рослинних відходів є цибуля, тобто відходи лушпиння цибулі [0]. Крім того, ці відходи можуть мати шкідливий вплив на навколишнє середовище, якщо їх не утилізувати належним чином, оскільки вони не придатні для приготування кормів, а також не можуть використовуватися як добриво. Таким чином, підвищення цінності відходів цибулі та її екстрактів у галузі біотехнології, біомедицини, фармацевтики та агропромислового секторі може стати оптимальним рішенням для зменшення шкоди навколишньому середовищу та забезпечити економічну недорогу альтернативу для виробництва лікувальних добавок або ліків на основі рідкісних трав [0]. Цибулеві лушпайки вважаються відходами, які містять у 20 разів більше кверцетину та глікозидів кверцетину, ніж їстівна частина. Доведено, що цибуля має численні фітохімічні речовини, флавоноїди та ферменти, які сприяють синтезу наночастинок. Незважаючи на відмінності в сортах або методах екстракції, основною фенольною сполукою, ідентифікованою в лушпинні цибулі, є кверцетин [0].

Кверцетин виявляє протективну дію щодо онко- та серцево-судинних захворювань, хронічного запалення, окисного стресу та нейродегенеративних патологій завдяки своїм антирадикальним і протизапальним властивостям, однак, його погана біодоступність пригнічує потенційні корисні ефекти цього флавоноїду [0]. Віддаючи пріоритет раціональному використанню природних ресурсів, весь неочищений екстракт цибулевої лушпиння очищають до чотирьох фракцій, а саме: етилацетату, бутанолу, метанолу та води [0]. На відміну від використання органічних екстрагентів, у дослідженнях [0] використовували водний екстракт лушпиння цибулі у разі одержання методом зеленого синтезу наночастинок срібла.

Серед різних наноструктур наночастинок Селену характеризуються унікальними властивостями, такими як висока каталітична та біологічна активність [0]. Біогенні наночастинок Селену, отримані методами "зеленої" хімії, впливають на редокс-чутливу сигнальну систему Keap1/Nrf2/ARE, головним призначенням якої є підтримка внутрішнього гомеостазу за різних стресових впливів шляхом активації транскрипції та синтезу низки антиоксидантних та детоксуючих ензимів [0; 0]. Доведено, що кверцетин протидіє нейрозапаленню, активуючи Nrf2/HO-1 та інгібуючи передачу сигналів NF- $\kappa$ B [0]. Встановлено, що наночастинок Селену можуть ефективно використовуватися у тваринництві, птахівництві та інших галузях сільськогосподарського виробництва [0; 0; 0].

Наші дослідження спрямовані на синтез нанобіокон'югатів селену з кверцетином за використання водного екстракту лушпиння цибулі, який є відходом агропромислового виробництва.

## Література:

1. Pandian S. R. K., Kunjiappan S., Sundarapandian V. (2021). Synthesis of quercetin-functionalized silver nanoparticles by rapid one-pot approach. *BioTechnologia. Journal of Biotechnology Computational Biology and Bionanotechnology*, 102(1).
2. Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Tsekhmistrenko O., Demchenko A. (2022). Eco-friendly biotechnology for biogenic nanoselenium production and its use in combination

- with probiotics in poultry feeding: innovative feeding concepts. International scientific innovations in human life. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Manchester, United Kingdom, 13–21.
3. Tsekhmistrenko S., Bityutskyy V., Tsekhmistrenko O. (2021). Factors affecting “green” nanoparticle synthesis. Proceedings of III international conference “European dimensions of sustainable development”, 62–63.
  4. Tsekhmistrenko O., Bityutskii V., Tsekhmistrenko S., Kharchyshyn V., Tymoshok N., Spivak M. (2020). Efficiency of application of inorganic and nanopreparations of selenium and probiotics for growing young quails. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8(3), 206–212.
  5. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С. (2021). Екологічна безпека використання наночастинок металів та неметалів у біології. Актуальні проблеми, пріоритетні напрямки та стратегії розвитку України: тези доповідей III Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції, 574–579.
  6. Bityutsky V.S., Tsekhmistrenko S.I., Tsekhmistrenko O.S., Tymoshok N.O., Spivak M.Y. (2020). Regulation of redox processes in biological systems with the participation of the Keap1/Nrf2/ARE signaling pathway, biogenic selenium nanoparticles as Nrf2 activators. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(4), 483–493.
  7. Тимошок Н.О., Демченко О.А., Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І. (2021). Вплив селеніт-іонів на *L. Casei* ІМВ В-7280 та визначення здатності культури до утворення біогенного нано-Se. Theory, practice and science. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Tokyo, 17–23.
  8. Tsekhmistrenko O., Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Melnichenko O., Tymoshok N., Spivak M. (2019). Use of nanoparticles of metals and non-metals in poultry farming. *Animal Husbandry Products Production and Processing*, 2, 113–130.
  9. Tsekhmistrenko O., Tsekhmistrenko S., Bityutskyy V. (2019). Nanoscale cerium dioxide as a mimetic of antioxidant protection enzymes. Multidisciplinary conference For young researchers 22 November, 68–71.
  10. Lee H. N., Shin S. A., Choo G. S., Kim H. J., Park Y. S., Kim B. S., Jung, J. Y. (2018). Anti-inflammatory effect of quercetin and galangin in LPS-stimulated RAW264. 7 macrophages and DNCB-induced atopic dermatitis animal models. *International Journal of Molecular Medicine*, 41(2), 888–898.
  11. Qi Y., Yi P., He T., Song X., Liu Y., Li Q., Zhang Y. (2020). Quercetin-loaded selenium nanoparticles inhibit amyloid- $\beta$  aggregation and exhibit antioxidant activity. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 602, 125058.
  12. Črnivec I. G. O., Skrt M., Šeremet D., Sterniša M., Farčnik D., Štrumbelj E. (2021). Waste streams in onion production: Bioactive compounds, quercetin and use of antimicrobial and antioxidative properties. *Waste Management*, 126, 476–486.
  13. Kumar M., Barbhai M. D., Hasan M., Punia S., Dhumal S., Rais N. (2022). Onion (*Allium cepa* L.) peels: A review on bioactive compounds and biomedical activities. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 146,
  14. Pinheiro R. G., Pinheiro M., Neves, A. R. (2021). Nanotechnology innovations to enhance the therapeutic efficacy of quercetin. *Nanomaterials*, 11(10), 2658.

15. Phukan K., Devi R., Chowdhury D. (2021). Green Synthesis of Gold Nano-bioconjugates from Onion Peel Extract and Evaluation of Their Antioxidant, Anti-inflammatory, and Cytotoxic Studies. *ACS omega*, 6(28), 17811–17823.
16. Abdullah H. S., Asseri S. N., Mohamad W. N. (2021). Green synthesis, characterization and applications of silver nanoparticle mediated by the aqueous extract of red onion peel. *Environmental Pollution*, 271, 116295.
17. Tsekhmistrenko S.I., Bityutskyy V.S., Tsekhmistrenko O.S. (2020). Markers of oxidative stress in the blood of quails under the influence of selenium nanoparticles. Impact of modernity on science and practice. Abstracts of XVIII International Scientific and Practical Conference. Boston, USA, 177–180.
18. Bityutskii V., Tsekhmistrenko S., Tsekhmistrenko O., Oleshko O., Heiko L. (2020). Influence of selenium on redox processes, selenoprotein metabolism and antioxidant status of aquaculture facilities. *Таврійський науковий вісник*, 114, 231–240.
19. Bityutskyy V.S., Oleshko O.A., Tsekhmistrenko S.I., Melnichenko O.M., Tsekhmistrenko O.S., Shulko O.P. (2021). The Influence of Various Forms of Selenium on Redox Processes, Gene Expression of Selenoproteins, Antioxidant Status in Biological Objects. *Oxidants and antioxidants in medical science*, 10(8), 5–13.
20. Singh, S., Nagalakshmi, D. (2021). Natural antioxidants for neuroinflammatory disorders and possible involvement of Nrf2 pathway: A review. *Heliyon*, 7(2), e06216.
21. Демченко О.А., Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І. (2021). Біонанотехнологія синтезу наночастинок селену. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво*, 7–9.
22. Харчишин В.М., Бітюцький В.С., Мельниченко О.М., Цехмістренко О.С., Цехмістренко С.І., Тимошок Н.О., Співак М.Я. (2021). Ефективність застосування екологічно безпечних композицій пробіотиків та наноматеріалів у сільськогосподарському виробництві. *Європейський зелений курс та водна політика України в умовах глобальних кліматичних змін*, 51–54.
23. Цехмістренко О.С., Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С. (2021). Економічна доцільність використання препаратів Селену у перепелівництві. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Сучасний розвиток технологій тваринництва. Інноваційні підходи в харчових технологіях*, 16–18.