

УДК 638.1:664.8:615.849.1

Сергій РАЗАНОВ

доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісового та садово-паркового господарства, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008; Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, м. Львів, Україна, 79010 (razanovsergej65@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-4883-2696

SCOPUS: 57311742800

Алла РАЗАНОВА

доктор філософії з екології, старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008 (razanovaalla68@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3546-3692

SCOPUS: 58572698100

Антоніна ПІДДУБНА

доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008 (pidubnaantonina@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-0204-1338

SCOPUS: 58573300800

Микола МАТВІЙЧУК

кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри медицини катастроф та військової медицини, Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018 (mikola.matvichuk@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3307-4538

SCOPUS: 57390269700

Оксана ГУСАК

доктор філософії з агрономії, асистент кафедри медицини катастроф та військової медицини, Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018 (lapova727@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7900-9902

SCOPUS: 58291064900

Євген ІВАШКЕВИЧ

доктор філософії з освітніх, педагогічних наук, старший викладач кафедри медицини катастроф та військової медицини, Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018 (iem240377@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7666-0548

SCOPUS: 59349788700

Людмила ПЕЛЕХ

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008 (gogoluda69@gmail.com) (gogoluda69@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-0967-2121

SCOPUS: 59408468300

Галина МУДРАК

кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008 (galina170971@ukr.net)

ORCID: 0000-0003-1319-9189

SCOPUS: 57393113100

Тетяна ГОЛУБЄВА

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пищеничного, Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041 (golubeva.nubip@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-2467-5972

SCOPUS: 57972490200

Олександр РАЗАНОВ

кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник лабораторії апітерапії, Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03143 (Razanovoleksandr@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-0676-5795

SCOPUS: 59148408100

Бібліографічний опис статті: Разанов С., Разанова А., Піддубна А., Матвійчук М., Гусак О., Івашкевич Є., Пелех Л., Мудрак Г., Голубєва Т., Разанов О. (2025). Перспективи використання біологічно активних речовин бджолиного підмору у виробництві функціональної харчової сировини радіопротекторного спрямування. *Фітотерапія. Часопис*, 3, 137–146, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2025-3-137>

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН БДЖОЛИНОГО ПІДМОРУ У ВИРОБНИЦТВІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ РАДІОПРОТЕКТОРНОГО СПРЯМУВАННЯ

Актуальність. У сучасних умовах, коли зростають як техногенні, так і природні джерела іонізуючого випромінювання (від аварій на АЕС до широкого застосування променевої терапії в медицині), захист організму від радіаційного ураження набуває першочергового значення. Саме тому постає гостра потреба в безпечних і доступних радіопротекторах. Біомаса бджолиного підмору містить комплекс біологічно активних речовин з доведеними антиоксидантними, сорбційними й імунomodulatory властивостями та може слугувати основою для створення функціональних харчових продуктів із радіопротекторними властивостями.

Мета дослідження – вивчити радіостійкість шурів під впливом гамма-опромінення, за умов згодовування їм м'ясо-кісткового борошна, виготовленого із продукції забою перепелів, вирощених на раціоні з додаванням біологічно активних речовин бджолиного підмору.

Матеріал і методи. Для експерименту використовували дві групи шурів (по 20 тварин у кожній): контрольну (раціон без бджолиного підмору); дослідну (харчування м'ясо-кістковим борошном з додаванням порошкоподібного бджолиного підмору). Усі тварини піддавалися гамма-опроміненню дозою 8,5 Гр. Проводили щоденний моніторинг стану тварин і реєстрацію тривалості їхнього життя.

Результати дослідження. У дослідній групі перша загибель спостерігалася на 20-й день після опромінення, тоді як у контрольній – на 10-й (затримка на 10 діб). Середня тривалість життя шурів у дослідній групі становила $34,0 \pm 1,6$ доби проти $21,0 \pm 1,3$ доби в контрольній, що відповідає підвищенню виживання на 47,8% ($p < 0,05$). Отримані дані підтверджують здатність компонентів бджолиного підмору підвищувати стійкість тварин до іонізуючого гамма-опромінення.

Висновок. Уведення бджолиного підмору в раціон шурів забезпечує значне подовження тривалості життя після гамма-опромінення.

Ключові слова: радіостійкість, радіопротекторна дія, бджолиний підмор, біологічно активні речовини, гамма-опромінення.

Serhii RAZANOV

Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry and Horticulture, Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna Street, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008; Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, Pekarska Street, 50, Lviv, Ukraine, 79010 (razanovsergej65@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-4883-2696

SCOPUS: 57311742800

Alla RAZANOVA

PhD (Environmental studies), Senior Lecturer at the Department of Forestry and Horticulture, Vinnytsia National Agrarian University, Sonyachna Street, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008 (razanovaalla68@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3546-3692

SCOPUS: 58572698100

Antonina PIDUBNA

PhD (Agronomy), Assistant at the Department of Forestry and Horticulture, Vinnytsia National Agrarian University, Sonyachna Street, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008 (piddubnaantonina@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-0204-1338

SCOPUS: 58573300800

Mykola MATVIICHUK

Candidate of Medical Sciences, Associate of Professor, Head at the Department of Emergency and Military Medicine, National Pirogov Memorial Medical University, Pirogova Street, 56, Vinnytsia, Ukraine, 21018 (mikola.matvichuk@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3307-4538

SCOPUS: 57390269700

Oksana HUSAK

PhD (Agronomy), Assistant at the Department of Emergency and Military Medicine, National Pirogov Memorial Medical University, Pirogova Street, 56, Vinnytsia, Ukraine, 21018 (lanova727@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7900-9902

SCOPUS: 58291064900

Yevhen IVASHKEVYCH

PhD (Educational and pedagogical science), Senior Lecturer at the Department of Emergency and Military Medicine, National Pirogov Memorial Medical University, Pirogova Street, 56, Vinnytsia, Ukraine, 21018 (iem240377@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7666-0548

SCOPUS: 59349788700

Liudmyla PELEKH

Candidate of Agricultural Sciences, Associate of Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry, Vinnytsia National Agrarian University, Sonyachna Street, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008 (gogoluda69@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-0967-2121

SCOPUS: 59408468300

Halyna MUDRAK

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University, Sonyachna Street, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008 (galina170971@ukr.net)

ORCID: 0000-0003-1319-9189

SCOPUS: 57393113100

Tetiana HOLUBIEVA

Candidate of Agricultural Sciences, Associate of Professor at the Department of P.D. Pshenychnyy of Animal Nutrition and Feed Technology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine, 03041 (golubeva.nubip@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-2467-5972

SCOPUS: 57972490200

Oleksandr RAZANOV

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of the Apitherapy Laboratory, National scientific center "P.I. Prokopovich Beekeeping Institute", Zabolotnogo Street, 19, Kyiv, Ukraine, 03143 (Razanovoleksandr@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-0676-5795

SCOPUS: 59148408100

To cite this article: Razanov S., Razanova A., Piddubna A., Matviichuk M., Husak O., Ivashkevych Ye., Pelekh L., Mudrak H., Holubieva T., Razanov O. (2025). Perspektyvy vykorystannya biolohichno aktyvnykh rehovyn bdzholynoho pidmoru u vyrobnytstvi funktsional'nal'noyi kharchovoyi syrovyny radioprotekturnoho spryamuvannya [Prospects for the use of biologically active substances from dead honeybee biomass in the production of radioprotective functional food raw materials]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 3, 137–146, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2025-3-137>

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM DEAD HONEYBEE BIOMASS IN THE PRODUCTION OF RADIOPROTECTIVE FUNCTIONAL FOOD RAW MATERIALS

Actuality. In modern conditions, as both anthropogenic and natural sources of ionizing radiation increase (from nuclear power plant accidents to the widespread use of radiation therapy in medicine), protecting the body from radiation damage has become a top priority. Consequently, there is an urgent need for safe and accessible radioprotectors. The biomass of dead honeybees contains a complex of biologically active substances with proven antioxidant, sorptive and immunomodulatory properties, and may serve as a basis for the development of functional food products with radioprotective effects.

The aim – to investigate the radioresistance of rats subjected to gamma irradiation when administered meat-and-bone meal produced from the slaughter products of quails reared on a diet supplemented with biologically active substances derived from dead honeybee biomass.

Material and methods. Two groups of rats (20 animals each) were used in the experiment: the control group (fed a diet without bee podmore) and the experimental group (fed meat-and-bone meal supplemented with powdered bee podmore). All animals were exposed to gamma irradiation at a dose of 8,5 Gy. Daily monitoring of the animals' condition and recording of their survival time were performed.

Research results. In the experimental group, the first mortality was observed on the 20th day after gamma irradiation, whereas in the control group it occurred on the 10th day (a delay of 10 days). The average lifespan of the rats in the experimental group was $34,0 \pm 1,6$ days compared to $21,0 \pm 1,3$ days in the control group, indicating a 47,8% increase in survival rate ($p < 0,05$). These findings confirm the ability of bee subproduct components to enhance the resistance of animals to ionizing gamma radiation.

Conclusion. Inclusion of dead-honeybee biomass in the diet of rats significantly prolongs survival after gamma irradiation.

Key words: radioresistance, radioprotective effect, dead honeybee biomass, biologically active substances, gamma irradiation.

Вступ. Актуальність. З давніх часів відомі цілющі та лікувальні властивості продукції бджільництва, яка й сьогодні успішно використовується в медичній практиці. Завдяки високій біологічній активності, доступній вартості та відносній безпечності порівняно з деякими хімічними препаратами попит на продукти бджільництва постійно зростає.

Медоносна бджола відіграє виняткову роль у збереженні біорозмаїття, забезпечує запилення ентомофілних рослин. Саме завдяки її діяльності, заданими вчених, на планеті збережено приблизно третину всієї зеленої флори, серед якої значну частку становлять лікарські рослини.

Нині достеменно відомо, що навіть після загибелі медоносної бджоли її біомаса залишається цінною сировиною для виробництва біологічно активних речовин з лікувальними властивостями. Дослідження показали, що речовини, виділені із бджолиного підмору, зокрема, меланін, мелітин, флавоноїди, гепарини й інші сполуки – мають виражені імуномодулювальні, протизапальні та радіопротекторні властивості. Це відкриває широкі перспективи для створення на їхній основі ефективних засобів профілактики та лікування, зокрема й в умовах радіаційного навантаження.

Одним із найцінніших біологічно активних складників бджолиного підмору є хітино-меланіновий комплекс, а також бджолина отрута, яка має широкий спектр терапевтичної дії. До складу бджолиної отрути входять пептиди, ферменти, вільні амінокислоти, цукри, ліпіди, мінеральні елементи (азот, водень, кисень, вуглець, залізо, магній, кальцій, фосфор, мідь, цинк, сірка, марганець, йод, хлор), а також нуклеїнові кислоти, ортофосфорна й соляна кислоти,

інші біологічно активні речовини (Wehbe et al., 2019; Stela et al., 2024). Особливої цінності бджолиний отрути надає поліпептид мелітин, який має виражені протизапальні, антимікробні й імуномодулювальні властивості (Lee & Bae, 2016; Bava et al., 2023).

Проведені дослідження свідчать, що бджолина отрута здатна підвищувати захисні функції організму та формувати стійкість до широкого спектра інфекційних захворювань (Lee & Bae, 2016; Memariani et al., 2020). Усі пептиди, що входять до складу бджолиної отрути, чинять знеболювальну дію, сприяють підвищенню рівня гемоглобіну, знижують вміст холестерину у крові, зменшують її в'язкість і згортання, покращують стан хворих на бронхіальну астму (Widjanarko et al., 2024). Окрім того, бджолина отрута розширює судини головного мозку та коронарні артерії, нормалізує серцевий ритм, покращує сон. У малих дозах вона проявляє десенсибілізуючу дію, регулює вуглеводний і жировий обмін, знижує проникність капілярів і підвищує стійкість організму до радіоактивного випромінювання (Сирота, 2012). Цю речовину відносять до мієлопротекторів – радіопротекторів, що здатні захищати кістковий мозок. Уведення малих доз апітоксину перед опроміненням сприяє збереженню функціональної активності стовбурових клітин (Захарія та ін., 2022).

До 50% сухої речовини бджолиної отрути становить пептид мелітин, який є основною біологічно активною сполукою апітоксину. Він чинить багатогранний вплив на організм: позитивно діє на нервову та м'язову системи, розширює судини, знижує артеріальний тиск, гальмує процеси згортання крові, виявляє кардіостимулювальний ефект, а також підвищує

стійкість організму до рентгенівського випромінювання та зменшує бронхоспазм за бронхіальної астми (Скрипник-Тихонов, 2014; Topchiyeva & Babaev, 2017). Окрім того, бджолина отрута характеризується високою стабільністю – навіть після загибелі бджіл вона зберігає свої фармакологічні властивості, що дозволяє використовувати її як компонент у складі біологічно активних препаратів (Разанов, 2006).

Деякі дослідники пов'язують лікувальні властивості бджолиного підмору з наявністю в його складі гепарину – природного антикоагулянта прямої дії, який безпосередньо впливає на фактори згортання крові та блокує біосинтез тромбіну, знижує агрегацію тромбоцитів. Разом із фібринолізином він входить до складу фізіологічної антизгортальної системи організму. Окрім антикоагулянтної дії, гепарин знижує активність гіалуронідази, активує фібринолітичні властивості крові та сприяє нормалізації коронарного кровотоку. Його введення супроводжується також помірним зниженням рівня холестерину в сироватці крові. Окрім того, дослідження засвідчують наявність виражених сорбційних властивостей бджолиної отрути, що також визначає її детоксикаційний потенціал (Разанова, Чудак, 2018).

Хітино-меланіновий комплекс, виділений із підмору бджіл, має унікальні фізико-хімічні та біологічні властивості (Draczynski Z., 2008). В організмі бджіл, зокрема в хітиновому покриві, виявлено високий вміст меланіну, який може становити від 20 до 30%. До його складу входять вуглець, азот і водень у співвідношенні приблизно 1:5:5, а також сірка – у межах 2–12%. Меланін виконує важливу захисну функцію, оберігає живі організми від дії ультрафіолетового й іонізуючого випромінювання. Його радіопротекторна дія пов'язана зі здатністю адсорбувати вторинні електрони, що утворюються у клітинах під дією радіації. Окрім того, меланін ефективно сорбує іони важких металів, як-от Pb^{2+} , Tn^{4+} , La^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} , Hg^{2+} , Cu^{2+} , є потужним природним антиоксидантом. Він характеризується високою стабільністю як *in vivo*, так і *in vitro*, практично не піддається природному лізису. У популяціях, що зазнають впливи опромінення, меланін сприяє генетичній адаптації до хронічної дії іонізуючої радіації, що проявляється значним зниженням частоти виникнення мутацій. Саме тому профілактика біологічних ефектів малих доз радіації передбачає застосування антиоксидантів, зокрема й меланіну, який доцільно вводити до складу харчових продуктів з вираженим радіопротекторним потенціалом (Кучерявий, Горячий, 2019).

Хітин був уперше відкритий у 1811 р. французьким хіміком Анрі Браконно. У 1859 р. в результаті хіміч-

ної обробки хітину (деацетилювання) було отримано його біологічно активну похідну – хітозан (Petroni et al., 2023). Особливу наукову та прикладну цінність хітозан здобув завдяки своїм вираженим радіопротекторним властивостям. Доведено, що ця речовина здатна практично цілком зв'язувати вільні радикали, які утворюються в організмі під впливом іонізуючого випромінювання (Draczynski, 2008; Elwaby, 2016).

Останнім часом зростає інтерес до використання бджолиного підмору як альтернативної сировини для отримання хітозана. За даними окремих авторів, після зимівлі від однієї бджолосім'ї можна отримати в середньому до 0,5 кг підмору, що робить цей ресурс доступним і економічно вигідним.

Похідні хітину, зокрема хітозан, мають вищу сорбційну здатність порівняно з немодифікованим хітином. Процес отримання хітозана з підмору передбачає лужну або ферментну екстракцію білка, з подальшим деацетилюванням отриманої речовини в лужному середовищі за температури 130 °C (Луцик та ін., 2021).

Хітозан, отриманий із бджолиного підмору, чинить низку позитивних фізіологічних ефектів: він знижує навантаження на печінку, нормалізує мікрофлору шлунково-кишкового тракту, виявляє імунностимулювальні, антибактеріальні й антиоксидантні властивості (Луцик та ін., 2021). Окрім того, хітозан вважається перспективним компонентом функціональних харчових продуктів, оскільки сприяє зв'язуванню жирів і поліпшує стан шлунково-кишкового каналу.

Хітин, як і його похідні (хітозан і меланін), мають великі перспективи застосування у функціональному харчуванні, медицині й екології. Унікальність меланіну полягає не лише в його антиоксидантних і радіопротекторних властивостях, а й у тому, що він підсилює дію хітозана без зміни його структури. Завдяки високій хемосорбційній здатності меланін, отриманий із бджолиного підмору, здатен зв'язувати до 20 730 молекул іонів важких металів, зокрема, міді або свинцю (Разанов та ін., 2010).

Деякі автори зазначають, що за перорального застосування бджолина отрута демонструє обмежену ефективність через негативний вплив ферментів шлунково-кишкового тракту, зокрема, трипсину та хемотрипсину, які руйнують її біологічно активні компоненти (Сабадаш та ін., 2019). Проте, згідно з дослідженнями інших авторів, навіть у разі надходження в організм через шлунково-кишковий тракт бджолина отрута зберігає частину своїх властивостей, як-от здатність підвищувати стійкість організму до стресових впливів (Скрипник-Тихонов, 2014).

Результати досліджень також підтверджують збереження радіопротекторних і сорбційних властивостей препаратів, виготовлених на основі бджолиного підмору (Wang & Chen, 2014). Так, встановлено, що введення до раціону локально гамма-опромінених перепелів препарату Апімор (порошкоподібна маса у формі попелу та водної витяжки, створена з біомаси підмору бджіл) сприяло підвищенню тривалості їхнього життя у 2,4 раза (Разанов, 2005). Окрім того, застосування Апімору привело до зменшення накопичення у тканинах птахів радіонуклідів ^{137}Cs і токсичних елементів, як-от Pb і Cd. Це свідчить про високу сорбційну здатність біологічних компонентів препарату, які знижують засвоєння шкідливих речовин і сприяють їх виведенню з організму (Разанов, 2006).

Мета дослідження – вивчити радіостійкість щурів за впливу гамма-опромінення за згодовування їм м'ясо-кісткового борошна, виготовленого із продуктів забою перепелів, вирощених на раціоні з додаванням біологічно активних речовин бджолиного підмору.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження з вивчення впливу м'ясо-кісткового борошна, отриманого з перепелів, яких вирощували на раціоні з додаванням біологічної маси бджолиного підмору (Апімор), на тривалість життя щурів після гамма-опромінення проводили в умовах лабораторії Вінницького національного аграрного університету.

Гамма-опромінення піддослідних тварин здійснювали на базі Вінницького обласного клінічного онкологічного диспансеру з використанням гамма-терапевтичного апарату «Агат». Загальна доза опромінення – 8,5 Гр. Для досліді було сформовано дві групи щурів по 20 особин у кожній, зі співвідношенням самців і самок 1:1. У формуванні груп урахували вік (1 місяць), живу масу й умови утримання.

Щурам обох груп згодовували кормосуміш, яка складалася з 90% подрібненого зерна (пшениця – 40%, ячмінь – 20%, овес – 20%, кукурудза – 20%) та 10% м'ясо-кісткового борошна. Для дослідної групи м'ясо-кісткове борошно виготовляли з перепелів, яких у період з 5-ї по 65-ту добу вирощували на раціоні

з додаванням порошкоподібного бджолиного підмору в кількості 2% від маси комбікорму. У контрольній групі використовували м'ясо-кісткове борошно з перепелів, вирощених без додавання підмору.

Склад бджолиного підмору було стандартизовано (використовувалася біомаса, зібрана з однієї пасіки впродовж одного сезону). За літературними даними (Draczynski, 2008; Разанова, Чудак, 2018; Луцик та ін., 2021), підмор містить хітин (20–25%), меланін (10–15%), білки (30–35%), а також мелітин, флавоноїди, гепарин, ферменти, вітаміни та мікроелементи. Методика дослідження базувалася на загальноприйнятих підходах до оцінювання радіопротекторної дії біологічно активних речовин на лабораторних тваринах (Скрипник-Тихонов, 2014; Захарія та ін., 2022).

Моніторинг тривалості життя щурів проводили щоденно після опромінення. Дані аналізували з використанням загальноприйнятих статистичних методів. Середні значення наводили як $M \pm m$ (середнє арифметичне $\pm$ стандартна похибка). Для визначення статистичної достовірності відмінностей між групами застосовували t-критерій Стьюдента, уважали відмінності достовірними за $p < 0,05$.

Із чотиримісячного віку тварини обох груп піддавалися тотальному гамма-опроміненню в дозі 8,5 Гр. Після опромінення проводили щоденний моніторинг стану тварин і підрахунок тривалості їхнього життя.

Схему дослідження наведено в таблиці 1.

Результати дослідження та їх обговорення. У процесі дослідження було встановлено, що згодовування щурам м'ясо-кісткового борошна, виготовленого з перепелів, вирощених на раціоні з додаванням порошкоподібного підмору бджіл (Апімор), позитивно вплинуло на їхню стійкість до тотального гамма-опромінення (табл. 2).

Так, за умов тотального гамма-опромінення в щурів дослідної групи загибель тварин розпочалася на 20-ту добу (20%), досягла 50% на 30-ту добу, 90% – на 40-ву добу, а повна летальність зафіксована на 46-ту добу (100%). У контрольній групі перші випадки загибелі спостерігалися вже на 10-ту добу

Таблиця 1

Схема дослідження

Група тварин	Кількість	Особливості годівлі	Жива маса на початку дослідного періоду, г	Доза опромінення, Гр
Дослідна	20	Кормосуміш (90%) + м'ясо-кісткове борошно із бджолиним підмором (10%)	44 $\pm$ 1,7	8,5
Контрольна	20	Кормосуміш (90%) + м'ясо-кісткове борошно без бджолиного підмору (10%)	45,2 $\pm$ 1,4	8,5

Таблиця 2

Динаміка відходу щурів після тотального гамма-опромінення, кількість загиблих тварин

Група тварин	Відхід щурів				
	10-та доба	20-та доба	30-та доба	40-ва доба	46-та доба
Дослідна	–	4	6	8	2
Контрольна	4	8	6	2	–

(20%), на 20-ту – 60%, на 30-ту – 90%, а повна загибель – на 40-ву добу.

Отже, у дослідній групі період летальності тривав із 20-ї до 46-ї доби, тоді як у контрольній – з 10-ї до 40-ї доби, що свідчить про подовження життєздатності на 6 діб у дослідній групі. Протягом усього періоду дослідження показники збереженості тварин дослідної групи залишалися вищими порівняно з аналогічними в контрольній. Зокрема, на 10-ту добу збереженість у дослідній групі була вищою на 20%, на 20-ту – на 40%, на 30-ту – також на 40 %.

Аналіз середньої тривалості життя щурів за умов тотального гамма-опромінення (табл. 3) показав, що у тварин дослідної групи цей показник становив 34 доби, тоді як у контрольної групи – лише 21 добу. Отже, середня тривалість життя щурів, яким згодовували м'ясо-кісткове борошно, виготовлене із продуктів забою перепелів, вирощених на раціоні з додаванням підмору бджіл, була на 47,8% вищою порівняно з контрольними тваринами.

Таблиця 3

Середня тривалість життя тварин за тотального гамма-опромінення, діб ($n = 20$, $M \pm m$)

Група тварин	Середня тривалість життя
Дослідна	$34,0 \pm 1,6^*$
Контрольна	$21,0 \pm 1,3$

* – різниця між середніми значеннями достовірна за $p < 0,05$ за t-критерієм Ст'юдента.

Отримані результати свідчать про позитивний вплив біологічно активних речовин бджолиного підмору на тривалість життя лабораторних тварин, підданих дії іонізуючого випромінювання. У щурів дослідної групи, які отримували м'ясо-кісткове борошно, виготовлене з перепелів, вирощених на раціоні з додаванням підмору, спостерігалось не лише пізніше настання летальності, а й загальне збільшення періоду виживання.

Середня тривалість життя щурів у дослідній групі становила $34,0 \pm 1,6$ доби, тоді як у контрольній – $21,0 \pm 1,3$ доби. Різниця між цими показниками була статистично достовірною за $p < 0,05$, що вказує на наявність вираженого радіопротекторного ефекту підмору бджіл за перорального надходження з кормом.

Наші результати узгоджуються з даними досліджень радіопротекторних властивостей інших продуктів бджільництва. Зокрема, прополіс, один із найбільш вивчених бджолиних продуктів, демонструє здатність значно зменшувати радіаційно індуковані ушкодження ДНК та модулювати імунну систему, потенційно посилюючи захист організму від радіаційного ураження (Ibáñez et al., 2023).

Механізм радіопротекторної дії бджолиного підмору може бути пов'язаний з унікальним складом його біологічно активних компонентів. Меланін, який становить 10–15% від маси підмору, проявляє антиоксидантні властивості завдяки здатності зв'язувати вільні радикали та міцно з'єднуватися з іонами металів. Радіопротекторні властивості меланіну пов'язані з його хімічним складом, наявністю стабільних радикалів і просторовою організацією (Tang et al., 2022). Хітин, який є ще одним важливим компонентом підмору, також може сприяти радіопротекторному ефекту. Хітин-меланінові комплекси із бджолиного підмору характеризуються унікальними фізико-хімічними властивостями, що забезпечують їхню біологічну активність (Ahmad et al., 2020). Флавоноїди, які також присутні у складі бджолиного підмору, проявляють нейропротекторні та радіопротекторні властивості. Вони діють як потужні антиоксиданти, нейтралізують вільні радикали, а також можуть пригнічувати активність ферментів, які запускають запальні або руйнівні процеси у клітинах (Wang et al., 2020).

Важливим аспектом наших досліджень є спосіб уведення біологічно активних речовин бджолиного підмору до організму піддослідних тварин. Використання м'ясо-кісткового борошна з перепелів, які отримували підмор у складі раціону, забезпечило пролонговане надходження активних компонентів і їх акумуляцію у тканинах. Це може пояснювати тривалий захисний ефект, який спостерігався протягом усього періоду після опромінення. Підвищена збереженість тварин дослідної групи на ключових етапах експерименту свідчить про стабільний захисний ефект. Це може бути результатом комплексної дії різних компонентів підмору (антиоксидантної активності меланіну та флавоноїдів, сорбційних властивостей хітину тощо) (Martinello & Mutinelli, 2021).

Отже, застосування компонентів на основі бджолиного підмору може розглядатися як ефективний елемент у розробленні функціональних продуктів харчування радіопротекторного спрямування.

Висновки. Проведене експериментальне дослідження встановило, що згодовування шурам м'ясо-кісткового борошна, виготовленого із продуктів забою перепелів, які отримували у складі раціону біомасу бджолиного підмору, сприяє підвищенню стійкості тварин до іонізуючого гамма-опромінення. У дослідній групі тривалість життя шурів після опромінення була значно довшою порівняно з контрольною. Середня тривалість життя тварин, яким згодовували біологічно активний компонент, становила 34 доби, тоді як у контрольній – 21 добу. Це свідчить про збільшення тривалості життя на 47,8%.

Динаміка летальності також вказує на захисний ефект апіпродукту (загибель тварин дослідної групи розпочалася пізніше, а завершилася на 6 діб пізніше, ніж у контрольній групі). Збереженість шурів на основних етапах дослідження (10-а, 20-а, 30-а доба) була вищою на 20–40%. Отримані результати свідчать про високу ефективність біомаси бджолиного підмору як джерела біологічно активних речовин для розроблення функціональних продуктів харчування з радіопротекторними властивостями. Така сировина має значний потенціал для профілактичного застосування з метою зменшення негативного впливу іонізуючого випромінювання на організм, особливо в умовах техногенного навантаження або професійного радіаційного ризику.

ЛІТЕРАТУРА

- Захарія А. В., Давидова Г. І., Гоцька С. М. Дослідження бджолиного підмору як потенційної сировини для апіфітокомпозицій. *Бджільництво України*. 2022. Вип. 4. С. 19–24.
- Кучерявий В. П., Горячий В. А. Біологічна цінність бджолиного підмору. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. Вип. 4 (107). Т. 2. С. 105–111.
- Луцик М. Д., Білий Р. А., Луцик М. М., Манько Н. О., Навитка С. А., Куцяба В. І., Стойка Р. С. Хітозан медоносної бджоли (*Apis mellifera*): очищення, гетерогенність та гемокоагуляційна активність. *Biotechnologia Acta*. 2021. Т. 9. № 6. С. 39–49.
- Разанов С. Ф. Захисні властивості бджолиного підмору при згодуванні птиці. *Тваринництво України*. 2006. № 9. С. 30–31.
- Разанов С. Ф. Підвищення резистентності організму перепелів за рахунок введення в їх раціон порошкоподібного підмору бджіл. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2005. № 1. С. 149–153.
- Разанов С. Ф., Безпалый І. Ф., Бала В. І., Донченко Т. А. Технологія виробництва продуктів бджільництва : навчальний посібник. Київ : Аграрна освіта, 2010. 277 с.
- Разанова О. П., Чудак Р. А. Ефективність використання у тваринництві біологічно активних добавок на основі підмору бджіл : монографія. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2018. 138 с.
- Сабадаш Н. І., Рубнікович А. Ю., Фесич І. В. Інтенсифікація технології вилучення хітозан-меланінового комплексу як інноваційної харчової добавки. *Молодий вчений*. 2019. № 1 (2). С. 278–281.
- Сирота П. С. Мікробіологічні дослідження отрути бджолиної. *Військова медицина України*. 2012. Т. 12. № 4. С. 73–78.
- Скрипник-Тихонов Р. І. Вивчення очищеної отрути бджолиної. *Український медичний альманах*. 2014. Т. 17. № 1. С. 106–107.
- Ahmad S. I., Ahmad R., Khan M. S., Kant R., Shahid S., Gautam L., Hasan G. M., Hassan M. I. Chitin and its derivatives: Structural properties and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. 1. 164. P. 526–539. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.098.
- Bava R., Castagna F., Musella V., Lupia C., Palma E., Britti D. Therapeutic use of bee venom and potential applications in veterinary medicine. *Veterinary Sciences*. 2023. 4. 10 (2). P. 119. DOI: 10.3390/vetsci10020119.
- Draczynski Z. Honeybee corpses as an available source of chitin. *Journal of Applied Polymer Science*. 2008. Vol. 109. Issue 3. P. 1974–1981. DOI: 10.1002/app.28298.
- Elwahy A. Isolation and characterization of chitosan from different local insects in Egypt. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016. Vol. 82. P. 871–877. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.10.024.
- Ibáñez B., Melero A., Montoro A., San Onofre N., Soriano J. M. Radioprotective effects from propolis : A review. *Molecules*. 2023. 28 (15). P. 5842. DOI: 10.3390/molecules28155842.
- Lee G., Bae H. Anti-inflammatory applications of melittin, a major component of bee venom: Detailed mechanism of action and adverse effects. *Molecules*. 2016. 11. 21 (5). P. 616. DOI: 10.3390/molecules21050616.
- Martinello M., Mutinelli F. Antioxidant activity in bee products: A review. *Antioxidants*. 2021. 10 (1). P. 71. DOI: 10.3390/antiox10010071.
- Memariani H., Memariani M., Moravvej H., Shahidi-Dadras M. Melittin: A venom-derived peptide with promising anti-viral properties. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*. 2020. 39 (1). P. 5–17. DOI: 10.1007/s10096-019-03674-0.
- Petroni S., Tagliaro I., Antonini C., D'Arienzo M., Orsini S. F., Mano J. F., Brancato V., Borges J., Cipolla L. Chitosan-based biomaterials: Insights into chemistry, properties, devices, and their biomedical applications. *Marine Drugs*. 2023. 24. 21 (3). P. 147. DOI: 10.3390/md21030147.
- Skrypnik-Tikhonov R. I. Development of composition and some technology aspects of frozen-dried medicine on the basis of bee venom. *The Pharma Innovation Journal*. 2015. Vol. 4. Issue 3. P. 82–85.
- Stela M., Cichon N., Splawska A., Szyposzynska M., Bijak M. Therapeutic potential and mechanisms of bee venom therapy: A comprehensive review of apitoxin applications and safety enhancement strategies. *Pharmaceuticals*. 2024. 17 (9). P. 1211. DOI: 10.3390/ph17091211.

- Tang C., Luo J., Yan X., Huang Q., Huang Z., Luo Q., Lan Y., Chen D., Zhang B., Chen M., Kong D. Melanin nanoparticles enhance the neuroprotection of mesenchymal stem cells against hypoxic-ischemic injury by inhibiting apoptosis and upregulating antioxidant defense. *Cell Biology International*. 2022. 46 (6). P. 933–946. DOI: 10.1002/cbin.11781.
- Topchiyeva S., Babayev E. P. Radioprotective action of venom of honey bee *Apis mellifera* *Caucasica*. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2017. 2 (5). P. 2288–2292. DOI: 10.22161/ijeab/2.5.2.
- Wang J., Chen C. Chitosan-based biosorbents: Modification and application for biosorption of heavy metals and radionuclides. *Bioresource Technology*. 2014. 160. P. 129–141. DOI: 10.1016/j.biortech.2013.12.110.
- Wang Q., Xie C., Xi S., Qian F., Peng X., Huang J., Tang F. Radioprotective effect of flavonoids on ionizing radiation-induced brain damage. *Molecules*. 2020. 25 (23). P. 5719. DOI: 10.3390/molecules25235719.
- Wehbe R., Frangieh J., Rima M., El Obeid D., Sabatier J. M., Fajloun Z. Bee venom: Overview of main compounds and bioactivities for therapeutic interests. *Molecules*. 2019. 19. 24 (16). P. 2997. DOI: 10.3390/molecules24162997.
- Widjanarko N. D., Subagya J. C., Maksi J. I., Suryatenggara F. G., Sihole S. C. E. Utilization of apitherapy in allergic asthma: A systematic review of clinical and preclinical studies. *Tzu Chi Medical Journal*. 2024. 30. 36 (4). P. 440–451. DOI: 10.4103/tcmj.tcmj_233_23.

REFERENCES

- Zakhariia, A.V., Davydova, H.I., & Hotska, S.M. (2022). Doslidzhennia bdzholynoho pidmoru yak potentsiinoi syrovyny dlia apifitokompozitsii [Study of bee subpestilence as a potential raw material for apiphytocompositions]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy*, 4, 19–24 [in Ukrainian].
- Kucheriavyyi, V.P., & Horiachyi, V.A. (2019). Biologichna tsinnist' bdzholynoho pidmoru [Biological value of bee subpestilence]. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnologii*, 4 (107), Vol. 2, 105–111 [in Ukrainian].
- Lutsyk, M.D., Bilyi, R.A., Lutsyk, M.M., Manko, N.O., Navytka, S.A., Kutsiaba, V.I., & Stoika, R.S. (2021). Khitozan medonosnoi bdzholy (*Apis mellifera*): ochyshchennia, heterohennist' ta hemokoahuliatsiina aktyvnist' [Chitosan of honey bee (*Apis mellifera*): purification, heterogeneity, and hemocoagulation activity]. *Biotechnologia Acta*, 9 (6), 39–49 [in Ukrainian].
- Razanov, S.F. (2006). Zakhysni vlastyvyosti bdzholynoho pidmoru pry zhoduванні pytytsi [Protective properties of bee subpestilence when fed to poultry]. *Tvarynnystvo Ukrainy*, (9), 30–31 [in Ukrainian].
- Razanov, S.F. (2005). Pidvyshchennia rezystentnosti orhanizmu perezeliiv za rakhunok vvvedennia v yikh ratsion poroshkopodibnoho pidmoru bdzhol [Increasing the resistance of quail organisms by adding powdered bee subpestilence to their diet]. *Visnyk DAU*, (1), 149–153 [in Ukrainian].
- Razanov, S.F., Bezpalyyi, I.F., Bala, V.I., & Donchenko, T.A. (2010). *Tekhnologhiia vyrobnytstva produktiv bdzhilnytstva: navchalnyi posibnyk* [Technology of beekeeping products: a textbook]. Kyiv: Ahrarna osvita. 277 p. [in Ukrainian].
- Razanova, O.P., & Chudak, R.A. (2018). *Efektivnist' vykorystannia u tvarynnystvi biologichno aktyvnykh dobavok na osnovi pidmoru bdzhol: monohrafiia* [Effectiveness of using bee subpestilence-based biologically active additives in animal husbandry: monograph]. Vinnytsia: RVV VNAU. 138 p. [in Ukrainian].
- Sabadash, N.I., Rubnikovych, A.Yu., & Fesych, I.V. (2019). Intensyfikatsiia tekhnologii vyluchennia khitozan-melaninoho kompleksu yak innovatsiinoi kharchovoi dobavky [Intensification of technology for extracting chitosan-melanin complex as an innovative food additive]. *Molodyi vchenyi*, 1 (2), 278–281 [in Ukrainian].
- Syrota, P.S. (2012). Mikrobiologichni doslidzhennia otru ty bdzholynoi [Microbiological studies of bee venom]. *Viiskova medytsyna Ukrainy*, 12 (4), 73–78 [in Ukrainian].
- Skrypnyk-Tykhonov, R.I. (2014). Vyvchennia ochyshchenoi otru ty bdzholynoi [Study of purified bee venom]. *Ukrainskyi medychnyi almanakh*, 17 (1), 106–107 [in Ukrainian].
- Ahmad, S.I., Ahmad, R., Khan, M.S., Kant, R., Shahid, S., Gautam, L., Hasan, G.M., & Hassan, M.I. (2020). Chitin and its derivatives: Structural properties and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164 (1), 526–539. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.098>.
- Bava, R., Castagna, F., Musella, V., Lupia, C., Palma, E., & Britti, D. (2023). Therapeutic use of bee venom and potential applications in veterinary medicine. *Veterinary Sciences*, 10 (2), 119. <https://doi.org/10.3390/vetsci10020119>.
- Draczynski, Z. (2008). Honeybee corpses as an available source of chitin. *Journal of Applied Polymer Science*, 109 (3), 1974–1981. <https://doi.org/10.1002/app.28298>.
- Elwahy, A. (2016). Isolation and characterization of chitosan from different local insects in Egypt. *International Journal of Biological Macromolecules*, 82, 871–877. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.024>.
- Ibáñez, B., Melero, A., Montoro, A., San Onofre, N., & Soriano, J.M. (2023). Radioprotective effects from propolis: A review. *Molecules*, 28 (15), 5842. <https://doi.org/10.3390/molecules28155842>.
- Lee, G., & Bae, H. (2016). Anti-inflammatory applications of melittin, a major component of bee venom: Detailed mechanism of action and adverse effects. *Molecules*, 21 (5), 616. <https://doi.org/10.3390/molecules21050616>.
- Martinello, M., & Mutinelli, F. (2021). Antioxidant activity in bee products: A review. *Antioxidants*, 10 (1), 71. <https://doi.org/10.3390/antiox10010071>.
- Memariani, H., Memariani, M., Moravvej, H., & Shahidi-Dadras, M. (2020). Melittin: A venom-derived peptide with promising anti-viral properties. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 39 (1), 5–17. <https://doi.org/10.1007/s10096-019-03674-0>.
- Petroni, S., Tagliaro, I., Antonini, C., D'Arienzo, M., Orsini, S.F., Mano, J.F., Brancato, V., Borges, J., & Cipolla, L. (2023). Chitosan-based biomaterials: Insights into chemistry, properties, devices, and their biomedical applications. *Marine Drugs*, 21 (3), 147. <https://doi.org/10.3390/md21030147>.

Skrypnik-Tikhonov, R.I. (2015). Development of composition and some technology aspects of frozen-dried medicine on the basis of bee venom. *The Pharma Innovation Journal*, 4 (3), 82–85.

Stela, M., Cichon, N., Splawska, A., Szyposzynska, M., & Bijak, M. (2024). Therapeutic potential and mechanisms of bee venom therapy: A comprehensive review of apitoxin applications and safety enhancement strategies. *Pharmaceuticals*, 17 (9), 1211. <https://doi.org/10.3390/ph17091211>.

Tang, C., Luo, J., Yan, X., Huang, Q., Huang, Z., Luo, Q., Lan, Y., Chen, D., Zhang, B., Chen, M., & Kong, D. (2022). Melanin nanoparticles enhance the neuroprotection of mesenchymal stem cells against hypoxic-ischemic injury by inhibiting apoptosis and upregulating antioxidant defense. *Cell Biology International*, 46 (6), 933–946. <https://doi.org/10.1002/cbin.11781>.

Topchiyeva, S., & Babayev, E.P. (2017). Radioprotective action of venom of honey bee *Apis mellifera Caucasica*. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2 (5), 2288–2292. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.5.2>.

Wang, J., & Chen, C. (2014). Chitosan-based biosorbents: Modification and application for biosorption of heavy metals and radionuclides. *Bioresource Technology*, 160, 129–141. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.110>.

Wang, Q., Xie, C., Xi, S., Qian, F., Peng, X., Huang, J., & Tang, F. (2020). Radioprotective effect of flavonoids on ionizing radiation-induced brain damage. *Molecules*, 25 (23), 5719. <https://doi.org/10.3390/molecules25235719>.

Wehbe, R., Frangieh, J., Rima, M., El Obeid, D., Sabatier, J.M., & Fajloun, Z. (2019). Bee venom: Overview of main compounds and bioactivities for therapeutic interests. *Molecules*, 24 (16), 2997. <https://doi.org/10.3390/molecules24162997>.

Widjanarko, N.D., Subagya, J.C., Maksi, J.I., Suryatenggara, F.G., & Sihole, S.C.E. (2024). Utilization of apitherapy in allergic asthma: A systematic review of clinical and preclinical studies. *Tzu Chi Medical Journal*, 36 (4), 440–451. https://doi.org/10.4103/tcmj.tcmj_233_23.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2025

Стаття прийнята до друку 04.07.2025

Опубліковано: 15.10.2025

Конфлікт інтересів: відсутній.

Внесок авторів:

Разанов С.Ф. – ідея, участь у написанні, коригуванні статті;

Разанова А.М. – участь у написанні, коригуванні статті;

Піддубна А.М. – пошук інформації, участь у написанні;

Матвійчук М.В. – дизайн методології дослідження, участь у написанні;

Гусак О.Б. – аналіз отриманих даних, участь у написанні;

Івашкевич Є.М. – аналіз отриманих даних, підготовка тексту;

Пелех Л.В. – участь у написанні, аналіз літератури;

Мудрак Г.В. – участь у написанні, оформлення статті;

Голубева Т.А. – пошук інформації, анотації, висновки;

Разанов О.С. – збір і аналіз літератури.

Електронна адреса для листування з авторами: razanovaalla68@gmail.com