

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА
І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ
ТВАРИННИЦТВА**

Збірник наукових праць

№ 2 (182) 2023

Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва = Animal Husbandry Products Production and Processing : збірник наукових праць. № 2 (182) 2023. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2023. 155 с. DOI 10.33245

Засновник, редакція, видавець і виготовлювач:
Білоцерківський національний аграрний університет (БНАУ)

Збірник розглянуто і затверджено до друку рішенням Вченої ради БНАУ
(Протокол № 11 від 23.11.2023 р.)

«Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» («Animal Husbandry Products Production and Processing») – збірник наукових праць є фаховим виданням, який включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» (Наказ Міністерства освіти і науки України № 1643 від 28.12.2019 р.) і є продовженням «Вісника Білоцерківського державного аграрного університету», започаткованого 1992 року. Збірник представлено на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar, Crossref.

Редакційна колегія:

Редакційна колегія:

Головний редактор – **Димань Т.М.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Заступник головного редактора – **Цехмістренко О.С.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Члени редакційної колегії:

Аріас Р., д-р філософії, доц., Університет Аустрал де Чилі, Валдівія, Чилі

Білл М., д-р філософії, проф., Державний університет штату Айова, «Дюпон Піонер», Айова, США

Бітюцький В.С., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Ваврісінова К., доц., Словацький аграрний університет, Нітра, Словачія

Гассемі Нейжад Ж., д-р філософії, доц., Коледж тваринництва та технологій, Університет Конкук, Сеул, Республіка Корея

Гриневич Н.Є., д-р вет. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Дубовий В.І., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Кацаньова М., д-р філософії, проф., Словацький аграрний університет, Нітра, Словачія

Мачюк В., д-р філософії, проф., Університет аграрних наук та ветеринарної медицини, Яси, Румунія

Мельниченко О.М., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Мерзлов С.В., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Мохаммадабаді М.Р., д-р філософії, проф., Шахід Бахонар Університет міста Керман, Керман, Іран

Недашківський В.М., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Ніколова Л., д-р філософії, доц., Аграрний університет, Пловдив, Болгарія

Попова Т., д-р філософії, проф., Інститут тваринництва, Костинброд, Болгарія

Рейда О.А., ст. викладач, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Соболев О.І., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Ставецька Р.В., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Цехмістренко С.І., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Шаран М.М., д-р с.-г. наук, проф., Інститут біології тварин, Львів, Україна

Шурчкова Ю.О., д-р техн. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Editorial board:

Editor in chief – **Dyman T.M.**, D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Deputy Editor in chief – **Tsekhmistrenko O.S.**, D. Sc., Ass. Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Members of editorial board:

Arias R.A., PhD, Ass. Prof., Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile
Bill M., PhD, Prof., Jowa State University, DuPont Pioneer, Iowa, USA

Bitiutskyi V.S., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Vavrisinova K., Ass. Prof., Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia

Ghassemi Nejad J., PhD, Ass. Prof., College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University, Seoul, Republic of Korea

Grynevych N. Ye., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Dubovyi V. I., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Kacaniova M., PhD, Prof., Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia

Maciuc V., PhD, Prof., University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Iasi, Romania

Melnychenko O.M., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Merzlov S.V., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Mohammadabadi M.R., PhD, Prof., Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Nedashkivskyi V. M., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Nikolova L., PhD, Ass. Prof., Agrarian University, Plovdiv, Bulgaria

Popova T., PhD, Prof., Institute of Animal Science, Kostinbrod, Bulgaria

Reida O.A., Senior Lecturer, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Sharan M.M., D. Sc., Prof., Animals Biology Institute, Lviv, Ukraine

Shurchkova Yu.O., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Sobolev O. I., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Stavetska R.V., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Tsekhmistrenko S.I., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Адреса редакції: Білоцерківський національний аграрний університет, Соборна площа, 8/1,
м. Біла Церква, 09117, Україна, e-mail: redakciavidil@ukr.net.

ЗМІСТ

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

Борщ О.О., Борщ О.В., Бабенко О.І. Продуктивні, відтворні та біоенергетичні ознаки тварин різної вгодованості.....	6
Жарчинська В.С., Гриневич Н.Є. Оцінювання енергетичної та біологічної цінності м'яса <i>Cherax quadricarinatus</i> за годівлі раків різними видами кормів.....	12
Ладика В.І., Склярєнко Ю.І., Павленко Ю.М., Малікова А.І. Вплив генотипових чинників на ознаки молочної продуктивності корів українських молочних порід.....	22
Лешишин І.С., Кирилів Я.І. Ефективність застосування біологічної активної добавки «Активіо» при годівлі молодняку качок.....	31
Савчук І.М., Ковальова С.П., Ящук І.В. Вплив різнотипових раціонів і сорбентів на накопичення Cd у м'язовій тканині молодняку великої рогатої худоби та свиней.....	40
Хмельничий Л.М., Карпенко Б.М. Успадковуваність та співвідносна мінливість лінійних ознак екстер'єру корів-первісток чорно-рябої худоби з надоем	51
Фарафонов С.Ж., Борщенко В.В., Стахів В.І., Милостива Д.Ф., Милостивий Р.В. Природна резистентність та імунологічна відповідь молодняка волинської м'ясної породи за дії пробіотиків....	64
Цехмістрєнко О.С., Шулько О.П., Гаюк Н.В., Онищенко Л. С. Жирнокислотний склад мембран еритроцитів крові перепелів.....	71
Бабенко В.В., Галатюк О.Є., Череватов В.Ф., Яровець В.І., Григорків Л.М., Калашніков О.Є., Егошин Л.Р., Романишина Т.О. Морфометрія крил робочих бджіл Харківської, Сумської та Полтавської областей України.....	78

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

Димань Т.М., Димань Н.О. Використання ДНК-технологій для експертизи харчових продуктів.....	90
Бітюцький В.С., Цехмістрєнко С.І., Демченко О.А., Цехмістрєнко О.С., Мельниченко Ю.О., Харчишин В.М. Біонанотехнологічні стратегії синтезу кон'югатів кверцетину з наночастинками селену з метою їх націлювання на сигнальний шлях Wnt/Ca ²⁺	100
Харчишин В.М., Бітюцький В.С., Мельниченко О.М., Цехмістрєнко С.І., Герасименко В.Ю., Онищенко Л.С. Шляхи збалансованого використання біотехнології вермикультивування в умовах антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.....	108

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Андреус С. М., Романчук І. О., Рудакова Т. В., Моїсеєва Л.О., Наріжний С. А. Якість ферментованого молоковмісного продукту з комбінованим жировим складом.....	116
Рудакова Т.В., Мінорова А.В., Моїсеєва Л.О., Крушельницька Н.Л., Наріжний С.А. Наукові підходи щодо створення технології структурованих молочних десертів з комбінованим складом сировини.....	128

ЕКОЛОГІЯ

Кутовий В.О., Куцан О.Т. Технологічні аспекти розроблення термовакuumної установки сушіння зерна з одночасною дегідратацією і дезінсекцією.....	137
Скиба В.В. Радіоекологічний моніторинг накопичення ⁹⁰ Sr та ¹³⁷ Cs в організмах риб деяких водойм лісостепу України.....	145

CONTENT

TECHNOLOGY OF MANUFACTURE AND PROCESSING PRODUCTION OF ANIMALS

Borshch O., Borshch O., Babenko O. Productive, reproductive and bioenergetic characteristics of cows with different body condition score.....	6
Zharchynska V., Hrynevych N. Assessment of energy and biological value of <i>Cherax quadricarinatus</i> meat after feeding crayfish with different types of feed.....	12
Ladyka V., Skliarenko Y., Pavlenko Y., Malikova A. Factors and their influence on the indicators of milk productivity of first-born of Ukrainian dairy breeds.....	22
Leshchyshyn I., Kyryliv Y. The effectiveness of the biologically active additive «Activio» using when feeding young ducks.....	31
Savchuk I., Kovalova S., Yashchuk I. Influence of different diets and sorbents on the accumulation of Cd in the muscle tissue of young cattle and pigs.....	40
Khmelnichyi L., Karpenko B. Heritability and correlative variability of the conformation linear traits of first-born cows of black-and-white cattle with milk yield.....	51
Farafonov S., Borshchenko V., Stakhiv V., Mylostyva D., Mylostyvyi P. Natural resistance and immunological response of young Volyn meat breed to the action of probiotics.....	64
Tsekhmistrenko O., Shulko O., Gayuk N., Onyshchenko L. Fatty acid composition of quail blood erythrocyte membranes under condition of feeding sodium selenite and nanoselenium.....	71
Babenko O., Galatyuk O., Cherevatov V., Yarovets V., Hryhorkiv L., Kalashnikov O., Egoshin L., Romanyshyn T. Wing morphometry of worker bees of Kharkiv, Sumy and Poltava regions of Ukraine.....	78

BIOTECHNOLOGIES AND BIOENGINEERING

Dyman T., Dyman N. Use of DNA technologies for the examination of foodstuff.....	90
Khmelnichyi L., Karpenko B. Heritability and correlative variability of the conformation linear traits of first-born cows of black-and-white cattle with milk yield.....	100
Kharchyshyn V., Bityutskyy V., Melnychenko O., Tsekhmistrenko S., Gerasymenko V., Onyshchenko L. Ways of balanced use of vermiculture biotechnology in the conditions of anthropogenic load on the environment.	108

FOOD TECHNOLOGY

Andreas S., Romanchuk I., Rudakova T., Moiseeva L., Narizhnyy S. The quality of a fermented milk-containing product with a combined fat composition.....	116
Rudakova T., Minorova A., Moiseeva L., Krushelnytska N., Narizhnyy S. Scientific approaches to the creation of technology structured milk desserts with a combined composition of raw materials.....	128

ECOLOGY


Kutovy V., Kutsan O. Technological aspects of the development of thermal vacuum installation for drying grain with simultaneous dehydration and disinsection.....	137
Skyba V. Radioecological monitoring of ⁹⁰ Sr and ¹³⁷ Cs accumulation in fish organisms in certain water bodies of the forest-steppe zone of Ukraine.....	145

УДК 636.2.083

Продуктивні, відтворні та біоенергетичні ознаки тварин різної вгодованості

Борщ О.О. , Борщ О.В. , Бабенко О.І. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 E-mail: borshcha@outlook.com



Борщ О.О., Борщ О.В., Бабенко О.І. Продуктивні, відтворні та біоенергетичні ознаки тварин різної вгодованості. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 6–11.

Borshch O., Borshch O., Babenko O. Productive, reproductive and bioenergetic characteristics of cows with different body condition score. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 6–11.

Рукопис отримано: 15.09.2023 р.

Прийнято: 29.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-6-11

Метою цієї роботи було вивчити вплив вгодованості глибокотільних молочних корів на відтворні ознаки, продуктивність та біоенергетичні показники. Дослідження проводили упродовж травня – серпня 2021 року в умовах ТДВ «Терезине» відділення Вільнотарасівське (Київська область). Значення середніх місячних температур були в межах термонейтральних для корів молочних порід. Для дослідження було сформовано три групи корів другої лактації. До I-ї групи (n=14) відносили тварин, котрі мали оцінку вгодованості на рівні від 2,0 до 3,0 балів, до II-ї групи (n=24) – оцінку від 3,0 до 3,75 бала і до III-ї групи (n=15) – 4 і вище балів. Оцінювання вгодованості у групах тварин проводили в період глибокої тільності. Продуктивність корів за перші 120 діб лактації визначали за даними комп'ютерного обліку та програми DelPro. У корів II-ї групи спостерігали дещо коротший термін сухостійного періоду (на 3 та 1 добу), порівняно з тваринами I-ї та III-ї груп. Найкоротший термін сервіс-періоду спостерігали у I групі корів – 164 доби, що на 7 та 24 доби менше, ніж у тварин II та III груп, відповідно. У корів II-ї групи була найвища середньодобова продуктивність упродовж кожного із перших 4-х місяців лактації (120 діб). Водночас у корів III групи продуктивність була найнижчою, а у тварин I-ї групи спостерігали проміжні значення. При цьому у корів III-ї групи продуктивність упродовж аналогічного періоду була найнижчою. Аналізуючи біоенергетичні ознаки корів різної вгодованості встановлено, що найвищий показник чистих витрат енергії на виробництво 1 кг 4 % молока був у корів III-ї групи – 3,71 МДж, а найнижчий – у тварин II-ї групи – 3,49 МДж. Результати досліджень показали, що корови різної вгодованості перед отеленням мали високі енергетичні індекси – від 50,25 до 53,99 %, продуктивні – від 0,260 до 0,286 кг за питомої втрати нетто-енергії від 1,852 до 1,988 МДж на 1 МДж енергії молока.

Ключові слова: молочні корови, вгодованість, продуктивність, відтворення, біоенергетичні ознаки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Для ефективного виробництва молока недостатньо мати хорошу кормову базу, утримувати худобу з високим генетичним потенціалом, отримувати телят щороку. Необхідно мати певну ланку, що поєднує основні технологічні процеси та прийоми, які становлять основу виробництва [1, 2, 3]. Цією ланкою слугує менеджмент стада, що визначає послідовність виконання окремих етапів та операцій, та забезпечує злагодженість роботи етапів всієї технології, що в кінцевому підсумку визначає економічну ефективність та рентабельність виробництва молока [4].

Вгодованість тварин – це кількість енергетичних запасів в організмі, відкладених у вигляді жиру та частково білка у м'язових волокнах. Для числового вираження резервів енергії прийнято бальну оцінку вгодованості худоби. У зоотехнічній науці і практиці світу застосовують різні системи бальної оцінки вгодованості худоби. У Канаді та Європі прийнято 5-бальну систему оцінки вгодованості худоби, у США – 9-бальну [5, 6].

Без наявності певного жирового запасу корови не можуть нормально відтворюватися. Сьогодні не існує стандартної системи опису стану вгодованості, яка може використовуватися

як інструмент управління стадом великої рогатої худоби та професійної комунікації між виробниками, науковцями, консультантами з питань виробництва молока. У разі використання на регулярній та послідовній основі оцінювання стану вгодованості тіла отримують інформацію, за якою можуть бути прийняті ефективні рішення щодо управління та програм годування [7, 8].

Стан вгодованості тіла при отеленні та породна належність є найвагомішими факторами, що впливають на репродуктивну функцію [9, 10].

Годівля корів у сухостійний період суттєво впливає на їхнє здоров'я та молочну продуктивність у подальшу лактацію. Під час отелення набагато більше ускладнень відбувається в ожирілих тварин. Крім того, у ранній період лактації вони споживають набагато менше сухої речовини раціону. На цьому тлі в організмі різко загострюється дефіцит вуглеводів та протеїну за надлишку в крові вільних жирних кислот, що призводить до збільшення випадків розвитку таких метаболічних захворювань, як ожиріння, кетоз, а також до зниження надоїв та погіршення якості молока [11, 12].

У виснажених тварин у ранній період лактації через відсутність достатніх резервів організму знижуються надої та репродуктивні ознаки, з'являються патології, пов'язані з обміном речовин.

Фахівці визначили, що на першій стадії лактації корови не повинні втрачати живу масу більше, ніж на 1 бал, оскільки це негативно позначається на їх репродуктивній системі. Досліди, проведені в США, показали, що існує зворотний зв'язок між балансом енергії та тривалістю відновлення функції яєчників після отелення. Дані експерименту свідчать, що практично у всіх нетелей, вгодованість яких була 1,5 бала та нижче, отелення проходили з ускладненнями, після чого їх доводилося довго лікувати, а результати терапії не завжди були позитивними [13].

Встановлено, що перед отеленням оптимальна вгодованість повинна становити 3,5–3,75 бала. Саме в такій групі було отримано найкращі показники, а головне – не було виявлено тварин із важкими отеленнями та післяпологовими ускладненнями [14, 15].

Відомо, що годівля корів у сухостійний період суттєво впливає на їх здоров'я та молочну продуктивність під час подальшої лактації. При отеленні, наприклад, набагато більше ускладнень реєструють у вгодованих тварин. Крім того, у ранній період лактації вони споживають набагато менше сухої речовини раціону, що призводить до різкого зниження живої маси. У таких тварин набагато частіше реє-

струють тривалий післяпологовий анетрус, або зміни в естральному циклі [16].

Запліднюваність надмірно вгодованих корів після першого осіменіння нижча, ніж у особин з нормальною кондицією [17]. Для регулярної оцінки змін енергетичних запасів в організмі молочних корів у багатьох країнах в якості практичного методу прийнято бальну оцінку вгодованості тіла тварин [18, 19]. В Україні така методика ще перебуває в стадії наукового обґрунтування, а вітчизняні науковці цієї галузі зазвичай використовують іноземні або місцеві методики.

Метою цієї роботи було вивчити вплив вгодованості глибокотільних молочних корів на відтворні ознаки, продуктивність та біоенергетичні показники.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили упродовж травня – серпня 2021 року в умовах ТДВ «Терезине» відділення Вільнотарасівське (Київська область). Для дослідження було сформовано три групи корів другої лактації. До I-ї групи (n=14) відносили тварин, котрі мали оцінку вгодованості на рівні від 2,0 до 3,0 балів, до II-ї групи (n=24) – оцінку від 3,0 до 3,75 бала і до III-ї групи (n=15) – 4 і вище балів. Оцінку вгодованості у групах тварин проводили за 5-бальною шкалою з інтервалом у 0,25 бала в період глибокої тільності [20]. Для визначення вгодованості застосовували спеціальну шкалу, розроблену для ферм з безприв'язним утриманням корів. Точки для візуального визначення вгодованості з бокового та заднього виглядів наведено на рисунку 1.

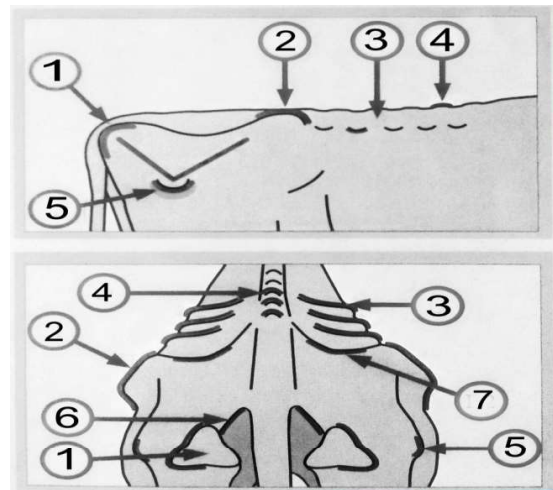


Рис. 1. Анатомічні контрольні точки для визначення вгодованості з бокового та заднього ракурсів:

1 – сідничні горби; 2 – клуби; 3 – попереково-реберні відростки поперекових хребців; 4 – остисті відростки; 5 – вертлюг стегнової кістки; 6 – передня лінія широкого заднього поясу; 7 – задня лінія широкого заднього поясу.

Продуктивність корів визначали за даними комп'ютерного обліку та програмного забезпечення DelPro. Масову частку жиру у молоці визначали за результатами щомісячного відбору зразків молока за допомогою аналізатора молока (Milkotester Lactomat Rapid S, Bulgaria). Живу масу корів після отелення на 100 добу лактації визначали за лінійними промірами.

Біоенергетичну оцінку корів проводили за методиками, описаними A.S. Marquez-Acevedo, 2023 [20].

Енергетичний індекс (EI) показує, яка доля нетто-витрат енергії кормів переходить в енергію молока і розраховується за формулою:

$$EI = (E \text{ лактації} \times 100) : (E \text{ підтримки} + E \text{ лактації}),$$

де: EI – енергетичний індекс, %;

E підтримки – нетто-енергія підтримки, МДж;

E лактації – нетто-енергія лактації, МДж.

Продуктивний індекс (PI) характеризує продукцію молока, скорегованого на 4 % жирність (МКЖ), на одиницю нетто-витрат енергії і визначається за формулою:

$$PI = N \times (МКЖ) : (E \text{ підтримки} + E \text{ лактації}),$$

де: PI – продуктивний індекс (продукція молока, скорегованого на 4 % жирність, з розрахунку на 1 МДж нетто-витрат енергії), кг/МДж;

N (МКЖ) – надій молока, скорегованого на 4 % жирність, кг;

E підтримки+E лактації – значення ті ж.

Надій молока, скорегованого на 4 % жирність, визначали за формулою:

$$МКЖ = N \times (0,4 + \% Ж \times 0,15),$$

де: МКЖ – молоко, скореговане на 4 % жирність, кг;

N – фактичний надій, кг;

% Ж – відсоток жиру у фактичному надоді, %.

Матеріали досліджень обробляли методом варіаційної статистики на основі розрахунку середнього арифметичного (M), середньоквадратичної похибки (m) та достовірності різниці між порівнюваними показниками (P). Для показу вірогідності в таблицях прийнято умовні позначення $P \geq 0,95$; $P \geq 0,99$; $P \geq 0,999$, які в роботі, відповідно, позначені зірочками (*; **; ***).

Результати дослідження та обговорення. Однією з умов реалізації генетичного потенціалу молочної продуктивності корів і рентабельності ведення всієї галузі молочного скотарства, поряд з організацією повноцінної годівлі, впровадженням нових прогресивних технологій утримання і доїння, є інтенсивність використання маточного поголів'я у відтворенні, яка багато в чому визначається термінами запліднення корів після отелення [14].

Встановлено, що у корів II-ї групи був дещо коротший термін сухостійного періоду (на 3 та 1 добу), порівняно з тваринами I-ї та III-ї груп (табл.). При цьому найдовший термін сервіс-періоду і, відповідно, міжотельного періоду спостерігали у III групі корів. Найкоротший сервіс-період спостерігали у тварин I-ї групи.

За оптимальних умов годівлі і утримання корів їхні добові надоді у перший період після отелення, як правило, збільшуються і досягають максимуму у середині другого місяця лактації. З подальшим ходом лактації надоді поступово знижуються. Така закономірність зміни надодів упродовж лактації пов'язана з інтенсивністю лактогенної функції гіпоталамо-гіпофізарної системи та інших залоз внутрішньої секреції [8].

Встановлено, що у корів II групи, котрі мали вгодованість у пологовому відділенні на рівні від 3,0 до 3,75 бала, була найвища продуктивність упродовж перших 120 діб лактації (табл. 2). При цьому у корів III групи продуктивність була найнижчою, а у тварин I-ї групи спостерігали проміжні значення.

Кількість енергії, яка витрачається на одиницю продукції тваринництва та на підтримання життєдіяльності організму, дозволяє визначити біоенергетичну ефективність різних технологій виробництва і характеризує їх відповідність біологічним потребам тварин. Потреба в енергії на підтримку життєдіяльності організму визначається тепловіддачею тварин, котрі перебувають у термонейтральних умовах. Встановлено, що втрати тепла для тварин різної живої маси однакові або близькі в розрахунку на одиницю живої маси у ступені 0,75 і визначаються як особливостями форми тіла, так і участю у тепловіддачі легень. Біоенергетична оцінка молочних корів використовується для визначення ефективності застосування певних технологій і технологічних процесів, та в селекції при оцінюванні порід [20]. Нами було оцінено біологічні властивості тварин і спроможності їхнього організму до виробництва продукції за безприв'язно-боксового утримання, залежно від вгодованості у пологовому відділенні.

Результати досліджень показали, що найвищий показник чистих витрат енергії на виробництво 1 кг 4 % молока був у корів III-ї групи – 3,71 МДж, а найнижчий – у тварин II-ї групи – 3,49 МДж (табл. 3). Найвищі значення середнього добового надоду за період дослідження та скорегованого на молоко 4 % жирності спостерігали у корів II-ї групи. Вміст жиру у молоці був найвищим у III-й групі корів, котрі характеризувались найнижчою продуктивністю.

Таблиця 1 – Відтворні ознаки у корів, залежно від вгодваності перед отеленням

Показники	Групи тварин з вгодваністю, балів:		
	I 2,25-2,75	II 3,0-3,75	III 4,0 і більше
Сухостійний період, діб	71±0,77	68±0,90	69±0,71
Сервіс-період, діб	164±2,31	171±3,52	188±6,09
Міжотельний період, діб	449±6,37	452±5,04	465±8,81

Таблиця 2 – Продуктивність корів різної вгодваності упродовж перших 120 діб лактації

Місяць лактації	Групи тварин з вгодваністю, балів:		
	I 2,25-2,75	II 3,0-3,75	III 4,0 і більше
1	27,03±0,39*	28,14±0,24	24,78±0,68***
2	29,37±0,67	29,56±0,55	27,04±0,73***
3	28,79±0,33	29,08±0,67	26,87±0,42*
4	28,38±0,71	28,72±0,58	26,68±0,47*

Примітки: * – $P \geq 0,95$; *** – $P \geq 0,001$ – у порівнянні з II-ю групою корів.

Таблиця 3 – Продуктивні ознаки корів різної вгодваності перед отеленням

Показники	Групи тварин з вгодваністю, балів:		
	I 2,25-2,75	II 3,0-3,75	III 4,0 і більше
Жива маса, кг	544±3,39	551±3,52	594±5,58*
Метаболічна жива маса, кг	112,64	113,72	120,32
Вміст жиру у молоці, %	3,85±0,01*	3,87±0,01	3,93±0,02***
Середній добовий надій за період дослідження, кг	28,39±0,73	28,88±0,57	26,34±0,82*
Середній добовий надій (МКЖ), кг	27,75	28,31	26,06
Чисті витрати енергії на 1 кг 4 %-го молока, МДж	3,51	3,49	3,71

Примітки: * – $P \geq 0,95$; *** – $P \geq 0,001$ – у порівнянні з II-ю групою корів.

При співставленні енергетичного і продуктивного індексів корів різної вгодваності перед отеленням встановлено, що тварини II-ї групи відзначались найвищими їх значеннями, у по-

рівнянні із коровами I-ї та III-ї груп, відповідно (табл. 4). При цьому у тварин II-ї групи також спостерігали дещо вищі значення виділеної енергії з молоком на 1 кг метаболічної маси.

Таблиця 4 – Енергетична характеристика корів різної вгодваності

Показники	Групи тварин з вгодваністю, балів:		
	I 2,25-2,75	II 3,0-3,75	III 4,0 і більше
Чиста енергія підтримки, МДж за добу	45,05	45,49	48,12
Чиста енергія молока, МДж за добу	52,47	53,38	48,69
Загальні нетто-витрати енергії, МДж за добу	97,52	98,87	96,81
Енергетичний індекс, % (доля енергії, виділеної з молоком)	50,25	53,99	50,29
Продуктивний індекс, кг (МКЖ) молока на 1 МДж	0,260	0,286	0,269
Чисті витрати енергії на 1 МДж енергії молока, МДж	1,858	1,852	1,988
Виділено енергії з молоком на 1 кг метаболічної маси, МДж	0,465	0,469	0,404

В цілому можна констатувати, що корови різної вгодованості перед отеленням мали високі енергетичні індекси – від 50,25 до 53,99 %, продуктивні – від 0,260 до 0,286 кг при питомій витраті нетто-енергії від 1,852 до 1,988 МДж на 1 МДж енергії молока. Адаже відомо, що більш-менш енергетично ефективними є тварини, які мають енергетичний індекс понад 50 %, а продуктивний – не менше 0,160 кг при питомій витраті нетто-енергії менше, ніж 2,0 МДж на 1 МДж енергії молока [20].

Висновки. Встановлено, що вгодованість корів перед отеленням вплинула на відтворні ознаки, продуктивність упродовж перших 120 діб лактації та їхні біоенергетичні показники. Тривалість сервіс-періоду була коротшою у I-й групі корів із вгодованістю до 3-х балів – на 7 і 24 діб, порівняно з коровами II-ї і III-ї груп. Група корів (II) з вгодованістю перед отеленням від 3-х до 4-х балів відзначалась найвищою продуктивністю упродовж перших 120 діб лактації. Також у тварин цієї групи спостерігали найвищі значення продуктивного та енергетичного індексів при найнижчій питомій витраті нетто-енергії на 1 МДж енергії молока.

REFERENCES

- Bell, M. J., Mareike, M., Marison, S., Robert, P. (2018). Comparison of Methods for Monitoring the Body Condition of Dairy Cows. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol. 2, article number: 80. DOI:10.3389/fsufs.2018.00080.
- Graff, M., Süli, A., Szilágyi, S., Mikó, E. (2017). Relationship between body condition and some reproductive parameters of Holstein cattle. *Advanced Research in Life Sciences*. Vol. 1 (1), pp. 59–63. DOI:10.1515/arls-2017-0010.
- Bezdicsek, J., Andrea, N., Alexender, M., Eliana, K. (2020). Relationship between the Animal Body Condition and Reproduction: The Biotechnological Aspects. *Archives Animal Breeding*. Vol. 63, pp. 203–209. DOI:10.5194/aab-63-203-2020.
- Chacha, F., Bouzebda, Z., Bouzebda-Afri, F., Gherissi, D. E., Lamraoui, R., Mouffok, C. H. (2018). Body condition score and biochemical indices change in montbeliarde dairy cattle: Influence of parity and lactation stage. *Global Veterinaria*. Vol. 20 (1), pp. 36–47. DOI:10.5829/idosi.gv.2018.36.47.
- Nazhat, S., Aziz, A., Zabuli, J. Rahmati, S. (2021). Importance of Body Condition Scoring in Reproductive Performance of Dairy Cows: A Review. *Open Journal of Veterinary Medicine*, Vol. 11, pp. 272–288. DOI:10.4236/ojvm.2021.117018.
- Borshch, A. A., Ruban, S., Borshch, A. V., Babenko, O. I. (2019). Effect of three bedding materials on the microclimate conditions, cows behavior and milk yield. *Polish Journal of Natural Sciences*, Vol. 34 (1), pp. 19–31.
- Huang, X., Hu, Z., Wang, X., Yang, X., Zhang, J., Shi, D. (2019). An Improved Single Shot Multibox Detector Method Applied in Body Condition Score for Dairy Cows. *Animals*, Vol. 9, article number: 470. DOI:10.3390/ani9070470.
- Ruban, S., Danshyn, V., Matvieiev, M., Borshch, O. O., Borshch, O. V., Korol-Bezpal, L. (2022). Characteristics of Lactation Curve and Reproduction in Dairy Cattle. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 70 (6), pp. 373–381. DOI:10.11118/actaun.2022.028.
- Mpisana, Z., Jaja, I. F., Byaruhanga, C., Marufu, M. C. (2022). Body condition scores, fluke intensity, liver pathology, and carcass quality of different dairy cattle genotypes infected with *Fasciola* species at high throughput abattoirs in South Africa. *Parasitology Research*. Vol. 121, pp. 1671–1682. DOI:10.1007/s00436-022-07504-9.
- Fedota, O., Puzik, N., Skrypkina, I., Babalyan, V., Mitiohlo, L., Ruban, S., Belyaev, S., Borshch, O. O., Borshch, O. V. (2022). Single nucleotide polymorphism C994g of the cytochrome P450 gene possess pleiotropic effects in *Bos taurus*, L. *Acta Biologica Szegediensis*. Vol. 66 (1), pp. 7–15. DOI:10.14232/abs.2022.1.7-15.
- Schillings, J., Bennett, R., Rose, D. C. (2023). Perceptions of farming stakeholders towards automating dairy cattle mobility and body condition scoring in farm assurance schemes. *Perceptions of farming stakeholders towards automating dairy cattle mobility and body condition scoring in farm assurance schemes*. *Animal*. Vol. 17, article number: 100786. DOI:10.1016/j.animal.2023.100786.
- Borshch, O. O., Ruban, S. Yu., Gutyj, B. V., Borshch, O. V., Sobolev, O. I., Kosior, L. T., Fedorchenko, M. M., Kirii, A. A., Pivtorak, Y. I., Salamakha, I. Yu., Hordiichuk, N. M., Hordiichuk, L. M., Kamratska, O. I., Denkovich, B. S. (2020). Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation. *Ukrainian Journal of Ecology*, Vol. 10 (6), pp. 98–102. DOI:10.15421/2020_265.
- Ruban, S., Borshch, O. O., Borshch, O. V., Orischuk, O., Balatskiy, Y., Fedorchenko, M., Kachan, A., Zlochevskiy, M. (2020). The impact of high temperatures on respiration rate, breathing condition and productivity of dairy cows in different production systems. *Animal Science Papers and Reports*. Vol. 38 (1), pp. 61–72.
- Borshch, O. O., Borshch, O. V. (2022). The Influence of Changing Conditions for Keeping and Cows' Milking on Their Behavior, Productivity and Condition. *Research for Rural Development*. Vol. 37, pp. 7–12. DOI:10.22616/rrd.28.2022.001.
- Berry, D. P., Evans, R. D. (2022). The response to genetic merit for milk production in dairy cows differs by cow body weight. *JDS Commun*. Vol. 3, pp. 32–37. DOI:10.3168/jdsc.2021-0115.
- Husnain, A., Santos J. E. P. (2019). Meta-analysis of the effects of prepartum dietary protein on performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 102, pp. 9791–9813. DOI:10.3168/jds.2018-16043.
- Lean, I. J., DeGaris, P. (2021). *Transition Cow Management: A Technical Review for Nutritional Professionals, Veterinarians and Farm Advisors*. 2nd ed. Dairy Australia. pp. 4–11.

18. Lean, I. J., LeBlanc, S. J. Sheedy, D. B., Duffield, T., Santos, J. E. P., Golder, H. M. (2023). Increased parity is negatively associated with survival and reproduction in different production systems. *Journal of Dairy Science*, Vol. 106, pp. 476–499. DOI:10.3168/jds.2022-21672.

19. Lean, I. J., LeBlanc, S. J. Sheedy, D. B., Duffield, T., Santos, J. E. P., Golder, H. M. (2023). Associations of parity with health disorders and blood metabolite concentrations in Holstein cows in different production systems. *Journal of Dairy Science*, Vol. 106, pp. 500–518. DOI:10.3168/jds.2021-21673.

20. Edmondson, A. J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 72, pp. 68–78.

21. Marquez-Acevedo, A. S., Hood, W. R., Collier, R. J., Skibieli, A. L. (2023). Graduate Student Literature Review: Mitochondrial response to heat stress and its implications on dairy cattle bioenergetics, metabolism, and production. *Journal of Dairy Science*, Vol. 106. DOI:10.3168/jds.2023-23340.

Productive, reproductive and bioenergetic characteristics of cows with different body condition score

Borshch O., Borshch O., Babenko O.

The aim of this work was to study the influence of fattening of dairy cows body condition score on reproductive traits, productivity and bioenergetic indicators. The research was conducted during May-August 2021 in the conditions of the Terezine of the Vilnotarasivske branch (Kyiv region). The values of average monthly temperatures were within the limits of thermoneu-

trality for cows of dairy breeds. Three groups of second-lactation cows were formed for the study. The first group (n=14) included animals with a fatness score of 2.0 to 3.0 points, and the second group (n=24) with a score of 3.0 to 3.75 points and to the III-rd group (n=15) – 4 and above points. Assessment of fatness in groups of animals was carried out during the period of deep body. The productivity of cows during the first 120 days of lactation was determined using computer records and the DelPro program. Cows of the II group had a somewhat shorter dry period (by 3 and 1 day) compared to animals of the I and III groups. The shortest service period was observed in the first group of cows – 164 days, which is 7 and 24 days less than in animals of the second and third groups, respectively. Cows of the II group had the highest average daily productivity during each of the first 4 months of lactation (120 days). At the same time, productivity was the lowest in cows of the III group, and intermediate values were observed in the animals of the I group. At the same time, cows of the III-rd group had the lowest productivity during the same period. Analyzing the bioenergetic characteristics of cows of different levels of fatness, it was established that the highest rate of net energy expenditure for the production of 1 kg of 4 % milk was in cows of the IIIrd group – 3.71 MJ, and the lowest in animals of the IInd group – 3.49 MJ. Research results showed that cows of different fattening levels before calving had high energy indices – from 50.25 to 53.99 %, productive – from 0.260 to 0.286 kg for specific net energy loss from 1.852 to 1.988 MJ per 1 MJ of milk energy.

Key words: dairy cows, fatness, productivity, reproduction, bioenergetic characteristics.



Copyright: Борщ О.О., Борщ О.В., Бабенко О.І. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Борщ О.О.

Борщ О.В.

Бабенко О.І.

<https://orcid.org/0000-0002-8450-2109>

<https://orcid.org/0000-0001-5174-1309>


<https://orcid.org/0000-0002-8404-3272>

УДК 639.381:639.51.043.2

Оцінювання енергетичної та біологічної цінності м'яса *Cherax quadricarinatus* за годівлі раків різними видами кормів

Жарчинська В.С. , Гриневич Н.Є. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Жарчинська В.С. E-mail: zharchynskavs@ukr.net



Жарчинська В.С., Гриневич Н.Є. Оцінювання енергетичної та біологічної цінності м'яса *Cherax quadricarinatus* за годівлі раків різними видами кормів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 12–21.

Zharchynska V., Hrynevych N. Assessment of energy and biological value of *Cherax quadricarinatus* meat after feeding crayfish with different types of feed. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 12–21.

Рукопис отримано: 06.09.2023 р.

Прийнято: 20.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-12-21

Вирощування австралійського червоноклешневого раку *Cherax quadricarinatus* у багатьох країнах стало популярним через швидку інтенсивність росту, високу харчову та біологічну цінність м'яса та доволі значний попит серед споживачів. Метою нашого дослідження було визначити хімічний, амінокислотний та жирнокислотний склад м'яса раків *Cherax quadricarinatus* та його енергетичну цінність за годівлі різними видами кормів. Жирнокислотний склад у м'яса раків визначали хроматографічним методом, а амінокислотний – методом капілярного електрофорезу.

Встановлено, що під час годівлі раків розробленим кормом Decapodafood енергетична цінність м'яса була на 4,3 ккал вищою, ніж за годівлі раків акваріумним кормом Ancistrus menu. Годівля кормом Decapodafood сприяє більшому вмісту незамінних амінокислот, порівняно з годівлею комерційним акваріумним кормом Ancistrus menu. Зокрема, статистично ймовірним був вищий вміст у м'ясі таких незамінних амінокислот, як треонін, валін, метіонін, лізин. Крім того, виявлено високу біологічну цінність та засвоюваність м'яса раків, оскільки сума ΣНАК/ΣЗАК у всіх пробах становила вище 80 %, що в середньому на 20 % більше, ніж стандартний показник, рекомендований FAO/WHO.

Годівля раків кормом Decapodafood сприяє зменшенню у складі м'яса насичених жирних кислот та збільшенню ненасичених. Зокрема, виявлено в 1,9 раза менший вміст лауринової кислоти та в 1,5 раза – маргаринової кислоти у м'ясі раків, яким згодували корм Decapodafood, порівняно з раками, яких годували акваріумним кормом Ancistrus menu, а міристинової й пентадеканової – був у середньому в 1,3 раза менший. Серед ненасичених жирних кислот ймовірне збільшення в 1,4 раза відзначали для пальмітолеїнової та докозагексаєнової кислот, порівняно з їх вмістом у контрольному м'ясі. Вміст інших поліненасичених жирних кислот (лінолевої й ейкозапентаєнової), хоч і був вищим, але несуттєво.

Отже, годівля раків *Cherax quadricarinatus* кормом Decapodafood сприяє покращенню енергетичної та біологічної цінності отриманого м'яса, що робить його високозасвоюваним та делікатесним продуктом.

Ключові слова: *Cherax quadricarinatus*, м'ясо раків, корм Decapodafood, амінокислотний, жирнокислотний склад м'яса.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Аквакультура ракоподібних в Україні може бути одним із основних джерел цінного харчового протеїну. Найбільш розповсюдженими на теренах України є такі види раків: річковий вузькопалий *Astacus*

leptodactylus, мармуровий *Procambarus forma virginalis*, австралійський червоноклешневий *Cherax quadricarinatus* [1, 2]. Раки різняться між собою не лише за інтенсивністю росту, але й за забійними якостями та хімічним складом м'яса [3]. Порівняно зі звичним для нас

вужькопалім раком *Astacus leptodactylus*, австралійський червоноклешневий рак *Cherax quadricarinatus* після варіння має менш яскраве червоне забарвлення. Покриви тіла *Cherax quadricarinatus* твердий, а м'ясо зосереджене в абдомені і має щільнішу консистенцію, ніж у вужькопалого рака. Частка м'яса в абдомені у австралійського червоноклешневого раку *Cherax quadricarinatus* становить 27,4–27,9 %, тимчаом, у *Procambarus clarkii* 15–20 % [4, 5]. Водночас дослідники [6, 7] вказують, що хімічний склад м'яса раків змінюється залежно від виду, віку, статті, умов вирощування. У м'ясі раків азотисті речовини представлені білками і небілковими азотистими речовинами, співвідношення яких у різних видів неоднакове. Білки гідробіонтів, у тому числі десятиногих ракоподібних (*Decapoda*), за харчовою цінністю не поступаються білкам м'яса наземних тварин. У м'ясі раків є незамінні амінокислоти, в тому числі й ті, що мають особливе значення для організму людини: лізин, метіонін, триптофан, що і обумовлює їх високу цінність як повноцінного харчового продукту [8].

Раки виду *Cherax quadricarinatus* у наших господарствах мало вирощуються, хоча в країнах Європейського Союзу та Азії цей вид досить поширений, і є важливим джерелом протейнів для споживачів. Вітчизняні фермерські господарства тільки починають виявляти зацікавленість в освоєнні нових методів культивування і переробки раків. Водночас у переважній більшості європейських країн цей аквакультурний бізнес є прибутковим і перспективним видом діяльності [9]. Крім того, вирощування раків в умовах аквакультури не завдає шкоди довкіллю і має всі підстави здійснюватися у сфері органічного виробництва. Проте для ефективного використання генетичних властивостей раків *Cherax quadricarinatus* в умовах аквакультури необхідно забезпечити їх збалансованим харчуванням. Адже наявні на ринку України корми представлені європейськими брендами, які є дороговартісними для наших фермерських господарств [10]. Незбалансована годівля не забезпечує тієї інтенсивності росту, яка необхідна для швидкої рентабельності виробництва. Тому нами було розроблено корм *Decapodafood* для годівлі раків виду *Cherax quadricarinatus* в умовах аквакультури. Застосування розробленого корму для годівлі молоді австралійських червоноклешневих раків у штучних умовах продемонструвало високу швидкість росту, ефективне використання кормів та низький рівень канібалізму.

У харчовій промисловості значну увагу приділяють калорійності м'яса та його біоло-

гічній цінності. Тому актуальним є застосування таких видів кормів, які впливають на інтенсивність росту та покращують амінокислотний і жирнокислотний склад м'яса та є добре засвоєваними [11].

Отже, враховуючи вище наведені дані, актуальним було дослідити і порівняти енергетичну та біологічну цінності м'яса раків *Cherax quadricarinatus* за годівлі розробленим нами кормом та акваріумним.

Метою роботи було визначити хімічний, амінокислотний та жирнокислотний склад м'яса раків *Cherax quadricarinatus* та його енергетичну цінність за годівлі різними видами кормів.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження виконували в умовах навчально-наукового акваріально-басейнового комплексу кафедри іхтіології та зоології Білоцерківського НАУ. Об'єктом була підрощена молодь австралійського червоноклешневого раку *Cherax quadricarinatus*. Для досліду сформували 3 групи раків. У кожен дослідний басейн відсадили по 50 особин. У першому раків годували акваріумним кормом *Ancistrus menu* (контроль), у другому – розробленим нами кормом *Decapodafood*, у третьому – кормом *Ancistrus menu* та *Decapodafood* у співвідношенні 50:50.

Для визначення хімічного складу, калорійності м'яса раків та його амінокислотного й жирнокислотного складу відбирали по 10 особин. Потім індивідуально зважували та відокремлювали м'ясо від панциру й інших неїстівних частин тіла. Для визначення хімічного складу м'яса готували три зразки виду *Cherax quadricarinatus*. Проби склалися із суміші м'яса 10 особин. Вміст у м'ясі вологи визначали, згідно з ДСТУ ISO 1442 : 2005 [12], золи – згідно з ДСТУ 8718 : 2017 [13], жиру, білка та вуглеводів – згідно з методичними рекомендаціями МВ N 1-40/3805 [14]. Визначення жирнокислотного складу м'яса раків проводили хроматографічним методом, згідно з методичними рекомендаціями [15]. Амінокислотний склад білків м'яса раків після попередньої прободготовки визначали методом капілярного електрофорезу на автоматичному аналізаторі типу Т 339, фірми «Mikrotechna» [16].

Отримані результати піддавалися статистичній обробці з використанням програм Statistica 10 Edition. Різницю вважали статистично значущою при $p \leq 0,05$.

Результати досліджень та обговорення. Для забезпечення максимального приросту австралійського червоноклешневого рака нами розроблено корм, який складається з концентрату сироваткових білків (сухий КСБ-70),

ляної олії, вершків, моркви, столового буряка, капусти білокачанної, кропиви, кори дуба, шкаралупи курячих яєць, і який отримав назву *Decapodafood*. У своєму складі цей корм містить в середньому в 1,8 раза більше білкових речовин, ніж акваріумний корм *Ancistrus menu*, який зазвичай використовують для годівлі раків. Тому наукову зацікавленість становили дослідження з визначення поживної та енергетичної цінності м'яса австралійського червоноклешневого рака, який вирощений за годівлі різними кормами. У таблиці 1 наведено порівняльне оцінювання кількісного вмісту та поживної цінності м'яса раків.

З аналізу таблиці 1 спостерігаємо кращу харчову та енергетичну цінність м'яса раків за годівлі їх розробленим нами кормом *Decapodafood*. Зокрема, у дослідному м'ясі виявляємо меншу (на 0,68 %) кількість води, порівняно з контрольним м'ясом, водночас наявна більша кількість білка (на 0,51 %). Енергетична цінність м'яса раків також була найвищою за годівлі кормом *Decapodafood* і становила $89,3 \pm 0,1$ ккал, що на 4,3 ккал більше, ніж за годівлі раків кормом *Ancistrus menu*. При аналізі м'яса раків, яким згодували корм *Ancistrus menu* та *Decapodafood* у співвідношенні 50:50, виявлено проміжні результати, як за харчовою, так і за енергетичною цінністю. Тобто показники м'яса раків були кращими, ніж за годівлі кормом *Ancistrus menu*, водночас дещо нижчими, ніж за годівлі кормом *Decapodafood*.

Отже, дослідження вказують, що використання у годівлі раків поживніших кормів дає змогу покращити харчову та енергетичну цінність отриманого м'яса. Крім того, згодовування ракам розробленого корму *Decapodafood* дає можливість краще використати їх біологічний потенціал росту.

Біологічна цінність білкового продукту, такого як м'ясо, визначається не тільки за

вмістом амінокислот, а й за співвідношенням кількості незамінних до замінних амінокислот. У зв'язку з тим, що розроблений нами корм містить у складі більшу кількість білка, порівняно з контрольним кормом, нами було визначено амінокислотний склад м'яса раків за годівлі різними кормами. Результати наведено в таблиці 2.

З даних таблиці 2 спостерігаємо більший кількісний вміст усіх амінокислот у складі м'яса раків, яким згодували корм *Decapodafood* порівняно із м'ясом раків контрольної групи. Зокрема, серед ідентифікованих нами восьми незамінних амінокислот кількість треоніну і валіну у м'ясі раків дослідної групи, яким згодували *Decapodafood*, становила $6,7 \pm 0,33$ мг/г – $6,4 \pm 0,32$ мг/г, що в 1,5 та 1,4 раза, відповідно, ($p < 0,05$) більше, ніж у м'ясі контрольної групи раків. Ймовірне збільшення вмісту було і таких незамінних амінокислот, як метіоніну і лізину, кількість яких була в 1,3 раза ($p < 0,05$) більша у м'ясі раків за годівлі кормом *Decapodafood*, ніж у м'ясі за використання акваріумного корму *Ancistrus menu*.

Під час оцінки вмісту частково і повністю замінних амінокислот виявлено аналогічну закономірність, як із незамінними, зокрема наявна більша кількість амінокислот у м'ясі раків, яким згодували корм *Decapodafood*, ніж за годівлі іншими раціонами. Високодостовірними були дані за такими незамінними амінокислотами, як аспарагінова, тирозин та пролін, кількість яких у м'ясі дослідної групи була в 1,4 та 1,9 раза ($p < 0,05$) більшою, порівняно з вмістом у м'ясі раків досліду. Кількість глутамінової кислоти у м'ясі раків за згодовування корму *Decapodafood* становила $29,7 \pm 2,15$ мг/г, що в 1,3 раза ($p < 0,05$) більшою, ніж за згодовування акваріумного корму. Вміст інших кислот хоч і був більшим, але різниця не була статистично значущою.

Таблиця 1 – Поживна цінність та калорійність м'яса раків *C. quadricarinatus* за годівлі різними кормами

Показники	Вид корму		
	<i>Ancistrus menu</i> (контроль)	<i>Decapodafood</i>	<i>Ancistrus menu</i> + <i>Decapodafood</i>
Вода, %	$79,07 \pm 0,12$	$78,39 \pm 0,15$	$78,73 \pm 0,11$
Білки, %	$18,62 \pm 0,11$	$19,13 \pm 0,1$	$18,83 \pm 0,14$
Жири, %	$0,91 \pm 0,08$	$0,97 \pm 0,06$	$0,94 \pm 0,05$
Зола, %	$1,48 \pm 0,03$	$1,51 \pm 0,02$	$1,50 \pm 0,02$
Енергетична цінність, ккал	$85,0 \pm 0,1$	$89,3 \pm 0,1$	$86,1 \pm 0,1$

Таблиця 2 – Аналіз амінокислотного складу м'язів *C. quadricarinatus* за годівлі різними кормами, $\bar{X} \pm x_m, n = 3$

Амінокислоти	Корми		
	<i>Ancistrus menu</i> (контроль)	<i>Decapodafood</i>	<i>Ancistrus menu</i> + <i>Decapodafood</i>
	Уміст амінокислот, мг/г		
Незамінні амінокислоти			
Треонін	4,5 ± 0,20	6,7 ± 0,33*	5,5 ± 0,24
Валін	4,7 ± 0,21	6,4 ± 0,32*	5,6 ± 0,32
Метіонін	3,3 ± 0,20	4,3 ± 0,21*	3,7 ± 0,25
Ізолейцин	7,0 ± 0,21	7,5 ± 0,30	7,2 ± 0,20
Лейцин	17,0 ± 0,32	18,1 ± 0,40	17,5 ± 0,31
Лізин	13,1 ± 0,32	17,3 ± 0,32*	14,5 ± 0,32
Фенілаланін	5,6 ± 0,23	6,3 ± 0,21	6,0 ± 0,20
Частково заміні амінокислоти			
Гістидин	3,3 ± 0,21	4,2 ± 0,21	3,9 ± 0,24
Аргінін	11,2 ± 0,31	12,7 ± 0,35	12,1 ± 0,30
Замінні амінокислоти			
Аспарагінова кислота	12,3 ± 0,30	16,9 ± 0,35*	14,6 ± 0,33
Серин	5,7 ± 0,24	6,5 ± 0,23	6,1 ± 0,20
Глутамінова кислота	23,6 ± 2,04	29,7 ± 2,15*	25,5 ± 1,72
Гліцин	5,0 ± 0,20	5,3 ± 0,20	5,1 ± 0,21
Альфа- ліноленова кислота	7,6 ± 0,24	8,7 ± 0,33	8,1 ± 0,30
Цистеїн	3,3 ± 0,20	3,8 ± 0,24	3,4 ± 0,11
Тирозин	5,0 ± 0,20	7,2 ± 0,30*	6,3 ± 0,20
Пролін	1,8 ± 0,24	3,4 ± 0,21*	2,6 ± 0,21
Загальний вміст незамінних амінокислот (ΣНАК)	55,2 ± 0,32	66,7 ± 0,44	60,0 ± 2,33
Загальний вміст заміних амінокислот (ΣЗАК)	64,3 ± 0,31	81,5 ± 2,63	71,7 ± 2,45
Загальний вміст амінокислот (ΣАК)	134,0 ± 2,30	165,1 ± 3,11	147,7 ± 2,61
ΣНАК/ΣЗАК, %	85,84 ± 2,83	81,84 ± 3,10	83,6 ± 2,90
ΣНАК/ΣАК, %	41,2 ± 0,40	40,4 ± 0,31	40,6 ± 0,31

Примітки: * $p < 0,05$ – різниця статистично значуща, порівняно з контролем.

Оцінювання м'яса раків за одночасного згодовування корму *Decapodafood* та *Ancistrus menu* не виявила статистично значущого збільшення амінокислот, порівняно з даними за згодовування тільки корму *Ancistrus menu*. Хоча в середньому виявляли більший вміст як заміних, так незамінних амінокислот за одночасного згодовування двох кормів та менший, ніж за згодовування корму *Decapodafood*.

Нами також було визначено співвідношення між заміними та незамінними амінокислотами та незамінними і загальною кількістю кислот. Адже, згідно з даними ВООЗ та ФАО [17], високоякісний білок повинен містити не тільки повний спектр незамінних амінокислот, а й мати співвідношення між незамінними і за-

мінними амінокислотами понад 60 %, а співвідношення незамінних до загальної кількості амінокислот повинно бути більшим 40 % [18–20].

Аналізуючи отримані результати щодо співвідношення між незамінними і заміними амінокислотами у м'ясі раків *Cherax quadricarinatus* за годівлі різними кормами, спостерігаємо високу його біологічну цінність, оскільки сума ΣНАК/ΣЗАК у всіх пробах становила понад 80 %, що в середньому на 20 % більше, ніж стандартний показник рекомендований ФАО/ВООЗ. Співвідношення між незамінними і загальною кількістю амінокислот у м'ясі раків всіх проб суттєво не різнилося між собою і становило 40–41 %, що відповідало показнику добре засвоюваного білка.

Отже, підбиваючи підсумки дослідження амінокислотного складу м'яса раків *C. quadricarinatus*, відзначаємо підвищення його біологічної цінності за рахунок збільшення кількості незамінних амінокислот у випадку годівлі розробленим нами кормом *Decapodafood*, що в загальному робить м'ясо цих видів раків добре і легко засвоюваним.

Для більш ґрунтовної оцінки м'яса раків за різної годівлі було визначено його жирнокислотний склад (табл. 3), при цьому зацікавленість становили дані щодо м'яса раків, яким згодували корм *Decapodafood*, що містить у складі лляну олію, багату на жирні кислоти омега-3 групи.

З даних таблиці 3 спостерігаємо тенденцію залежності жирнокислотного складу м'яса від виду спожитого корму раками. Зокрема, у м'ясі за годівлі раків кормом *Decapodafood* спостерігається зменшення вмісту насичених жирних кислот, порівняно з м'ясом контрольної групи. Так, виявлено в 1,9 раза ($p < 0,05$) менший вміст лауринової кислоти та в 1,5 раза ($p < 0,05$) – маргаринової кислоти у м'ясі раків, яким згодували корм *Decapodafood*, порівняно з раками, яких годували акваріумним кормом *Ancistrus menu*. Кількість таких насичених жирних кислот, як міристинової й пентадеканової, був у середньому в 1,3 раза ($p < 0,05$) меншим, вміст інших насичених жирних кислот хоч і був меншим, проте статистично незначущим.

Таблиця 3 – Аналіз складу жирних кислот у м'язах *C. quadricarinatus* за годівлі різними кормами, $\bar{X} \pm x_m, n = 3$

Жирна кислота	Корми		
	<i>Ancistrus menu</i> (контроль)	<i>Decapodafood</i>	<i>Ancistrus menu</i> + <i>Decapodafood</i>
Кількість жирних кислот, %			
C12:0 Лауринова	0,75 ± 0,03	0,39 ± 0,02*	0,58 ± 0,02
C14:0 Міристинова	1,52 ± 0,12	1,21 ± 0,13*	1,49 ± 0,10
C15:0 Пентадеканова	0,90 ± 0,05	0,72 ± 0,03*	0,83 ± 0,03
C16:0 Пальмітинова	34,99 ± 0,08	32,0 ± 0,07	33,42 ± 0,07
C17:0 Маргарінова	1,79 ± 0,02	1,22 ± 0,04*	1,67 ± 0,03
C18:0 Стеаринова	18,75 ± 0,14	17,79 ± 0,13	17,37 ± 0,12
Загальний вміст насичених жирних кислот (ΣНЖК)	58,7 ± 0,16	53,33 ± 0,15*	55,36 ± 0,14
C16:1 Пальмітолеїнова	0,77 ± 0,03	0,98 ± 0,04*	0,85 ± 0,03
C18:1n-9t Елайдінова	1,52 ± 0,04	1,79 ± 0,05	1,67 ± 0,04
C18:1n-9c Олеїнова	13,71 ± 0,21	14,81 ± 0,24	14,30 ± 0,22
Загальний вміст мононенасичених жирних кислот (ΣМНЖК)	16,00 ± 0,22	17,58 ± 0,27*	16,82 ± 0,25
C18:2n-6t Лінолева	13,24 ± 0,25	14,87 ± 0,16	14,47 ± 0,18
C20:5n-3 Ейкозапентаєнова	9,01 ± 0,42	9,97 ± 0,40	9,48 ± 0,41
C22:6n-3 Докозагексаєнова	3,05 ± 0,24	4,25 ± 0,18*	3,96 ± 0,19
Загальний вміст поліненасичених жирних кислот (ΣПНЖК)	25,30 ± 0,19	29,09 ± 0,21*	27,91 ± 0,21
ΣМНЖК + ΣПНЖК	41,30 ± 0,25	46,67 ± 0,40	44,73 ± 0,41

Примітки: * $p < 0,05$ – різниця статистично значуща, порівняно з контролем.

Серед визначених мононенасичених жирних кислот вірогідне збільшення в 1,4 раза ($p < 0,05$) спостерігали лише для пальмітолеїнової кислоти, порівняно з її вмістом у контрольному м'ясі. З ідентифікованих нами трьох поліненасичених жирних кислот у дослідному зразку кількість докозагексаєнової кислоти був у 1,4 раза ($p < 0,05$) більшим, ніж у контрольному зразку м'яса. Вміст двох інших поліненасичених жирних кислот (лінолевої й ейкозапентаєнової), хоч і був більшим, але несуттєво.

Вміст жирних кислот у складі м'яса раків за згодовування двох кормів (*Ancistrus menu* + *Decapodafood*) посідав середнє значення між контрольним зразком та зразком, раки якого споживали корм *Decapodafood*.

Необхідно відзначити, що співвідношення між насиченими і ненасиченими жирними кислотами у м'ясі трьох груп становило 1,4:1; 1,1:1 та 1,2:1. Тобто, за годівлі раків кормом *Decapodafood* відбувається зростання у складі жиру ненасичених жирних кислот, особливо таких цінних і незамінних для споживачів, як лінолева, ейкозапентаєнова та докозагексаєнова.

Отже, з результатів дослідження щодо жирнокислотного складу м'яса спостерігаємо позитивний ефект від згодовування корму *Decapodafood*, оскільки у його структурі зростає вміст ненасичених жирних кислот, які позитивно впливають на здоров'я споживачів.

Вирощування австралійського червоноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* у багатьох країнах стало популярним через швидку інтенсивність росту, високу харчову та біологічну цінність м'яса та доволі значний попит серед споживачів [21]. В Україні ця ніша тільки починає заповнюватися і досвіду вирощування в штучних умовах рака *Cherax quadricarinatus* недостатньо. Особливо виникають потреби в збалансованій годівлі для забезпечення необхідними поживними речовинами раків та зниження канібалізму серед них [22]. Метою нашого дослідження було визначити хімічний, амінокислотний та жирнокислотний склад м'яса раків *Cherax quadricarinatus* та його енергетичну цінність за годівлі різними видами кормів.

Встановлено, що під час годівлі раків розробленим нами кормом *Decapodafood* енергетична цінність м'яса раків була на 4,3 ккал вищою, ніж за годівлі раків акваріумним кормом *Ancistrus menu*. Зростання енергетичної цінності м'яса ми пояснюємо більш збалансованим складом розробленого корму за вмістом білків, жирів і мінеральних речовин. У дослідженнях [23, 24] зазначається, що якість м'яса і його енергетична цінність у ракоподібних досить часто залежить від виду кормів та збалансова-

ності раціону. Тому ми підтримуємо думку цих авторів, що в умовах аквакультури необхідно забезпечити ракам таку годівлю та середовище існування, яке максимально розкриває їх генетичний потенціал щодо росту і якості м'яса.

Важливим завданням нашого дослідження було порівняти амінокислотний склад м'яса раків за годівлі їх різним видом корму. Адже якість м'яса залежить від наявності в ньому незамінних амінокислот та від співвідношення незамінних до замінних кислот [25]. Встановлено, що годівля кормом *Decapodafood* сприяє більшому вмісту незамінних амінокислот, порівняно з комерційним акваріумним кормом *Ancistrus menu*. Зокрема, вірогідно вищим був вміст у м'ясі таких незамінних амінокислот, як треонін, валін, метіонін, лізин. Крім того, виявлено високу біологічну цінність та засвоюваність м'яса раків, оскільки сума Σ НАК/ Σ ЗАК у всіх пробах становила понад 80 %, що в середньому на 20 % більше, ніж стандартний показник, рекомендований FAO/WHO [17, 18, 19]. Це дає підставу вважати, що отримане м'ясо рака *Cherax quadricarinatus* за годівлі розробленим кормом *Decapodafood* належить до високопоживного та легкозасвоюваного білкового продукту. Крім того, збільшення кількості незамінних амінокислот у м'ясі раків у нашому випадку ми пояснюємо використанням збалансованого корму, адже до складу корму *Decapodafood* входить концентрат сироваткових білків, який вважається багатим на різні амінокислоти [26].

З погляду фізіології харчування краще вживати продукти, які містять у складі ненасичені жирні кислоти, особливо багаті на омега-3 групу [27, 28], оскільки з насиченими кислотами харчових продуктів тваринного походження пов'язують зростання рівня холестеролу в крові споживачів та порушення роботи серцево-судинної системи [29, 30]. Наше дослідження виявило, що годівля раків кормом *Decapodafood* сприяє зменшенню у складі м'яса насичених жирних кислот та збільшенню ненасичених. Зокрема, виявлено в 1,9 раза менший вміст лауринової кислоти та в 1,5 раза – маргаринової кислоти у м'ясі раків, яким згодовували корм *Decapodafood*, порівняно з раками, яких годували акваріумним кормом *Ancistrus menu*, а вміст міристинової й пентадеканової кислот був у середньому в 1,3 раза меншим. Серед ненасичених жирних кислот достовірно збільшення в 1,4 раза спостерігали для пальмітолеїнової та докозагексаєнової кислот, порівнюючи з їх вмістом у контрольному м'ясі. Вміст інших поліненасичених жирних кислот (лінолевої й ейкозапентаєнової), хоч і був більшим,

але несуттєво. Зростання у м'ясі раків ненасичених жирних кислот ми пов'язуємо з тим, що у склад кормів нами введено лляну олію, яка, як відомо, є одним із найбільших джерел есенціальних кислот групи омега-3 [27].

Отже, підсумовуючи досліджене, необхідно відзначити, що годівля раків *Cherax quadricarinatus* кормом *Decapodafood* сприяє покращенню енергетичної та біологічної цінностей отриманого м'яса, що робить його високозасвоюваним та делікатесним продуктом.

Висновки. Виявлено вищу енергетичну цінність м'яса раків за годівлі їх розробленим нами кормом *Decapodafood*. Зокрема, енергетична цінність м'яса раків становила $89,3 \pm 0,1$ ккал, що на 4,3 ккал більше, ніж за годівлі раків акваріумним кормом *Ancistrus menu*.

Виявлено вищий кількісний вміст усіх амінокислот у складі м'яса раків, яким згодували корм *Decapodafood*, порівняно з м'ясом раків контрольної групи. Зокрема, статистично значущим був вищий вміст у м'ясі таких незамінних амінокислот, як треонін, валін, метіонін, лізин. Крім того, виявлено високу біологічну цінність та засвоюваність м'яса раків, оскільки сума Σ НАК/ Σ ЗАК у всіх пробах становила понад 80 %, що в середньому на 20 % більше, ніж стандартний показник, рекомендований ФАО/ВООЗ.

Встановлено залежність жирнокислотного складу м'яса від виду спожитого корму раками. Так, у м'ясі за годівлі раків кормом *Decapodafood* спостерігається зменшення вмісту насичених жирних кислот, порівняно з м'ясом контрольної групи. Серед ненасичених жирних кислот достовірно зростання в 1,4 раза спостерігали для пальмітолеїнової та докозагексаєнової кислот, порівнюючи з їх умістом у контрольному м'ясі.

Перспективність подальших досліджень полягає в оцінюванні мінерального складу м'яса раків за годівлі різними кормами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Novitsky R. A., Son M. O. The first records of Marmorcrebs *Procambarus fallax* (Hagen, 1870) *f. virginalis* (Crustacea, Decapoda, Cambaridae) in Ukraine. *Ecol Montenegrina* 2016. 5. P. 44–46.
2. Occurrence of two exotic decapods, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) and *Procambarus virginalis* Lyko, 2017, in Ukrainian waters / M.O. Son et al. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 2020. Vol. 421 (40). DOI:10.1051/kmae/2020032.
3. Comparative study on the nutritional content and physical attributes of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) meats, 07 June 2022 / Z.-B. Tee et

al. Preprint (Version 1) available at Research Square. DOI:10.21203/rs.3.rs-1695209/v1.

4. Analysis and quality evaluation of nutrient components in muscle of *Cherax quadricarinatus* and *Procambarus clarkii* / W. G. Jun et al. *Chinese Journal of Animal Nutrition*. 2019. Vol. 31. No 9. P. 4339–4348. Ref. 27.

5. Growth, processing measurements, tail meat yield, and tail meat proximate composition of male and female Australian Red Claw Crayfish, *Cherax quadricarinatus*, stocked into earthen ponds / K. R. Thompson et al. *Journal of Applied Aquaculture*. 2004. Vol. 16 (3/4). P. 117–129. DOI:10.1300/J028v16n03_08.

6. Rodriguez-Gonzalez H., Villarreal H., García-Ulloa M., Hernández-Llamas A. Dietary lipid requirements for optimal egg quality of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *J. World Aquacult. Soc.* 2009. Vol. 40. P. 531–539. DOI:10.1111/j.1749-7345.2009.00267.x.

7. Romano N., Zeng C. Cannibalism of Decapod Crustaceans and Implications for Their Aquaculture: A Review of its Prevalence, Influencing Factors, and Mitigating Methods, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 2017. Vol. 25(1). P. 42–69. DOI:10.1080/23308249.2016.1221379.

8. Rodríguez-González H., García-Ulloa M., Hernández-Llamas A., Villarreal H. Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*. 2006. Vol. 257. P. 412–419. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.01.020.

9. Інструменти регулювання та механізми реалізації комбінованих технологічних рішень виробництва австралійського червоноклешневого рака в умовах зростання попиту на нішеву продукцію: методичні рекомендації / Б. Ю. Коваленко та ін. К.: НУБіП України. 2023. 26 с. URL: https://darg.gov.ua/files/24/08_01_2023_rak.pdf

10. Миськовець Н. П. Аналіз сучасного стану та перспективи розвитку рибного господарства України. *Бізнес Інформ*. 2020. № 3. С. 104–111. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2020_3_15.

11. Аналіз технологічних аспектів вирощування гідробіонтів на тлі використання ресурсозберігаючих технологій в аквакультури / О. Гончарова та ін. *Молодий вчений*. 2018. Вип. 9 (61). С. 203–206. URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/3992>.

12. ДСТУ ISO 1442:2005 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод). URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_1442_2005.pdf.

13. ДСТУ 8718:2017 Риба та рибні продукти. Методи визначення золи та мінеральних домішок. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/docpage?id_doc=73418.

14. Методичні вказівки щодо лабораторного контролю якості продукції громадського харчування «Порядок відбору проб та фізико-хімічні методи випробувань» МВ N 1-40/3805.

15. Голубець О. В., Вудмаска І. В. Визначення жирнокислотного складу ліпідів методом капіляр-

ної газорідинної хроматографії. Методичні рекомендації. Львів, 2015. 37 с.

16. ДСТУ ISO 13903:2005 Корми для тварин. Метод визначення вмісту амінокислот.

17. Joint FAO/WHO. Protein quality evaluation. FAO Food Nutr. Pap. 1991. 51. P. 1–66.

18. Growth and meat quality relations in carp / B. Fauconneau et al. Aquaculture. 1995. Vol. 129. P. 265–297. DOI:10.1016/0044-8486(94)00309-C.

19. Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Protein and amino acid requirements in human nutrition. In WHO Technical Report Series; WHO: Geneva, Switzerland. 2007. Vol. 935. P. 1–265.

20. Report of an FAO Expert Consultation Dietary protein quality evaluation in human nutrition. 31 March–2 April, 2011 Auckland, New Zealand. FAO Food and nutrition paper. 92. 66 p. URL: <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57a4593304ffc17f06.pdf>.

21. Analysis of the differences in muscle nutrition among individuals of different sexes in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* / Y. Sun et al. Metabolites. 2023. Vol. 13. 190 p. DOI:10.3390/metabo13020190.

22. Перспективний об'єкт аквакультури ракоподібних *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868): біологія, технологія (огляд) / Н. С. Гриневич та ін. Водні біоресурси та аквакультура. 2022. № 1. С. 47–62. DOI:10.32851/wba.2022.1.4.

23. Proximate composition and profiles of amino acids and fatty acids in the muscle of adult males and females of commercially viable prawn species *Macrobrachium rosenbergii* collected from natural culture environments / P. Bhavan et al. International Journal of Biology. 2010. Vol. 2 (2). P. 107–119. DOI:10.5539/ijb.v2n2p107.

24. Evaluation of practical diets containing various terrestrial protein sources on survival and growth parameters of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* / A. Garza de Yta et al. Aquaculture Research. 2012. Vol. 43 (1). P. 84–90. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.02806.x.

25. Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition / B. Mohanty et al. Journal of Amino Acids. 2014. Article ID 269797. DOI:10.1155/2014/269797.

26. Юкало В. Г., Дацишин К. Є. Комбінація сефадексів для виділення протеїнових фракції з сироватки молока. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.С. Гжицького. Харчові технології. 2023. Т. 25. № 99. С. 3–7. DOI:10.32718/nvlvet-f9901.

27. Лялик А. Т., Покотило О. С., Кухтин М. Д. Мікробіологічні показники сиркової пасти з умістом лляної олії за різних температур зберігання. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.С. Гжицького. Харчові технології. 2019. Т. 21. № 91. С. 124–129. DOI:10.32718/nvlvet-f9121.

28. Fatty acid composition of curd spread with different flax oil content / A. Lialyk et al. Nova Biotechnologica et Chimica. 2020. Vol. 19 (2). P. 216–222. DOI:10.36547/nbc.v19i2.776.

29. Rahman M. A., Abdullah N., Aminudin N. Inhibitory effect on in vitro LDL oxidation and

HMG Co-A reductase activity of the liquid-liquid partitioned fractions of *Hericium erinaceus* (Bull.) person (lion's mane mushroom). BioMed Research International. 2014. Article ID 828149. 9 p. DOI:10.1155/2014/828149.

30. Wise J. High intake of saturated fats is linked to increased risk of heart disease. BMJ. 2016. Vol. 355. 6347 p. DOI:10.1136/bmj.i6347.

REFERENCES

1. Novitsky, R. A., Son, M. O. (2016). The first records of Marmorkrebs *Procambarus fallax* (Hagen, 1870) *f. virginalis* (Crustacea, Decapoda, Cambaridae) in Ukraine. Ecol Montenegrina. 5, pp. 44–46.

2. Son, M. O., Morhun, H., Novitskyi, R., Sidorovskiy, S., Kulyk, M., Utevsky, S. (2020). Occurrence of two exotic decapods, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) and *Procambarus virginalis* Lyko, 2017, in Ukrainian waters. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. Vol. 421 (40). DOI:10.1051/kmae/2020032.

3. Tee, Z-B., Ibrahim, S., Teoh, C-Y. (2022). Comparative study on the nutritional content and physical attributes of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) meats, 07 June, Preprint (Version 1) available at Research Square. DOI:10.21203/rs.3.rs-1695209/v1.

4. Jun, W. G., Yue, S., Meng, Y. E., Wang, Z. J., Fei, L. Z., Kai, Z., Guang, D. (2019). Analysis and quality evaluation of nutrient components in muscle of *Cherax quadricarinatus* and *Procambarus clarkii*. Chinese Journal of Animal Nutrition, Vol. 31. № 9, pp. 4339–4348. Ref. 27.

5. Thompson, K. R., Muzinic, L. A., Yancey, D. H., Webster, C. D., Rouse, D. B., Xiong, Y. (2004). Growth, processing measurements, tail meat yield, and tail meat proximate composition of male and female Australian Red Claw Crayfish, *Cherax quadricarinatus*, stocked into earthen ponds. Journal of Applied Aquaculture, Vol. 16 (3/4), pp. 117–129. DOI:10.1300/J028v16n03_08.

6. Rodríguez-González, H., Villarreal, H., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A. (2009). Dietary lipid requirements for optimal egg quality of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. J. World Aquacult. Soc., Vol. 40, pp. 531–539. DOI:10.1111/j.1749-7345.2009.00267.x.

7. Romano, N., Zeng, C. (2017) Cannibalism of Decapod Crustaceans and Implications for Their Aquaculture: A Review of its Prevalence, Influencing Factors, and Mitigating Methods, Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. Vol. 25 (1), pp. 42–69. DOI:10.1080/23308249.2016.1221379.

8. Rodríguez-González, H., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A., Villarreal, H. (2006). Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture. 2006.01.020.

9. Kovalenko, B. Yu., Vdovenko, N. M., Sharylo, Yu. E., Plichko, V. F., Dmytryshyn, R. A., Koval, V. V.,

Andrushchenko, A. V., Pavlenko, N. G. (2023). Instrumenty reguljuvannja ta mehanizmy realizacii' kombinovanyh tehnologichnyh rishen' vyrobnictva avstralijs'kogo chervonokleshnevo raka v umovah zrostantnja popytu na nishevu produkciju: metodychni rekomendacii' [Regulatory tools and mechanisms of implementation of combined technological solutions for the production of Australian red-clawed crayfish in conditions of growing demand for niche products: guidelines]. K.: National university of life and environmental sciences of Ukraine, 26 p. Available at: https://darg.gov.ua/files/24/08_01_2023_rak.pdf. (in Ukrainian).

10. Myskovets, N. P. (2020). Analiz suchasnogo stanu ta perspektivy rozvytku rybnogo gospodarstva Ukrainy. [Analysis of the current state and prospects for the development of fisheries in Ukraine]. *Biznes Inform* [Business Inform]. no. 3, pp. 104–111. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/binf_2020_3_15. (in Ukrainian).

11. Honcharova, O., Taranenko, V., Lyashko, V., Polovynka, I., Sosnytskyi, V. (2018). Analiz tehnologichnyh aspektiv vyroshhuvannja gidrobiontiv na tli vykorystannja resursozberigajuchyh tehnologij v akvakulturi [Analysis of the technological aspects of the cultivation of hydrobionts against the background of the use of resource-saving technologies in aquaculture]. *Molodyj vchenyj* [A young scientist]. Issue 9 (61), pp. 203–206. Available at: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/3992>. (in Ukrainian).

12. DSTU ISO 1442:2005 M'jaso ta m'jasni produkty. Metod vyznachennja vmistu vology (kontrol'nyj metod) [DSTU ISO 1442:2005 Meat and meat products. Method for determining moisture content (control method)]. Available at: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_1442_2005.pdf. (in Ukrainian).

13. DSTU 8718:2017 Ryba ta rybni produkty. Metody vyznachennja zoly ta mineral'nyh domishok [DSTU 8718:2017 Fish and fish products. Methods of determination of ash and mineral impurities]. Available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=73418. (in Ukrainian).

14. Metodychni vkazivky shhodo laboratorного kontrolju jakosti produkcii' gromads'kogo harchuvannja «Porjadok vidboru prob ta fizyko-himichni metody vyprobuvan'» MB N 1-40/3805 [Methodological guidelines for laboratory quality control of food products “Sampling procedure and physico-chemical test methods” MG N 1-40/3805] (in Ukrainian).

15. Golubets, O. V., Woodmask, I. V. Vyznachennja zhyrnokyslotnogo skladu lipidiv metodom kapiljarnoi' gazoridynnoi' hromatografii'. Metodychni rekomendacii' [Determination of the fatty acid composition of lipids by capillary gas-liquid chromatography: methodological recommendations]. Lviv, 2015. 37 p. (in Ukrainian).

16. DSTU ISO 13903:2005 Kormy dlja tvaryn. Metod vyznachennja vmistu aminokyslot [DSTU ISO 13903:2005 Animal feed. Method for determining the content of amino acids] (in Ukrainian).

17. Joint FAO/WHO. Protein quality evaluation. (1991). FAO Food Nutr. Pap. 51, pp. 1–66.

18. Fauconneau, B., Alami-Durante, H., Laroche, M., Marcel, J., Vallot, D. (1995). Growth and meat quality relations in carp. *Aquaculture*. Vol. 129, pp. 265–297. DOI:10.1016/0044-8486(94)00309-C.

19. Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Protein and amino acid requirements in human nutrition. (2007). In WHO Technical Report Series; WHO: Geneva, Switzerland, Vol. 935, pp. 1–265.

20. Report of an FAO Expert Consultation Dietary protein quality evaluation in human nutrition. 31 March–2 April, 2011 Auckland, New Zealand. FAO Food and nutrition paper. 92, 66 p. Available at: <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>.

21. Sun, Y., Shan, X., Li, D., Liu, X., Han, Z., Qin, J., Guan, B., Tan, L., Zheng J., Wei, M. (2023). Analysis of the differences in muscle nutrition among individuals of different sexes in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Metabolites*. Vol. 13, 190 p. DOI:10.3390/metabo13020190.

22. Hrynevych, N. E., Zharchynska, V. S., Svitel'skyi, M. M., Khomyak, O. A., Slyusarenko, A. O. (2022). [A promising aquaculture facility for the crustacean *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868): biology, technology (review)]. [Aquatic bioresources and aquaculture]. no. 1, pp. 47–62. DOI:10.32851/wba.2022.1.4. (in Ukrainian).

23. Bhavan, P., Radhakrishnan, S., Seenivasan, C., Shanthi, R., Poongodi, R., Kannan, S. (2010). Proximate composition and profiles of amino acids and fatty acids in the muscle of adult males and females of commercially viable prawn species *Macrobrachium rosenbergii* collected from natural culture environments. *International Journal of Biology*, Vol. 2 (2), pp. 107–119. DOI:10.5539/ijb.v2n2p107.

24. Garza de Yta, A., Davis, D. A., Rouse, D. B., Ghanawi, J., Saoud, I. P. (2012). Evaluation of practical diets containing various terrestrial protein sources on survival and growth parameters of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture Research*. Vol. 43 (1), pp. 84–90. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.02806.x.

25. Mohanty, B., Mahanty, A., Ganguly, S., Sankar, T. V., Chakraborty, K., Rangasamy, A., Paul, B., Sarma, D., Mathew, S., Asha, K. K. (2014). Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition. *Journal of Amino Acids*, Article ID 269797. DOI:10.1155/2014/269797.

26. Yukalo, V. G., Dacyshyn, K. E. (2023). Kombinacija sefadesiv dlja vydilennja protei'novykh frakcii' z syrovatky moloka [A combination of Sephadex for the isolation of protein fractions from milk serum]. *Naukovyj visnyk LNUVMB imeni S.Z. G'zhyckogo* [Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzhitskyi]. *Harchovi tehnologii'* [Food technologies]. Vol. 25, no. 99, pp. 3–7. DOI:10.32718/nvlvet-f9901 (in Ukrainian).

27. Lyalyk, A. T., Pokotilo, O. S., Kukhtyn, M. D. (2019). Mikrobiologichni pokaznyky syrkovoi' pasty z umistom lljanoi' olii' za riznyh temperatur zberigannja [Microbiological indicators of cottage cheese paste with linseed oil content at different storage temperatures].

Naukovyj visnyk LNUVMB imeni S.Z. G'zhyc'ko-go [Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzhitskyi]. Harchovi tehnologii' [Food technologies]. Vol. 21, no. 91, pp. 124–129. DOI:10.32718/nvlvet-f9121. (in Ukrainian).

28. Lialyk, A., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Beyko, L., Horiuk, Y., Dobrovolska, S., Mazur, O. (2020). Fatty acid composition of curd spread with different flax oil content. *Nova Biotechnologica et Chimica*. Vol. 19 (2), pp. 216–222. DOI:10.36547/nbc.v19i2.776.

29. Rahman, M. A., Abdullah, N., Aminudin, N. (2014). Inhibitory effect on in vitro LDL oxidation and HMG Co-A reductase activity of the liquid-liquid partitioned fractions of *Hericium erinaceus* (Bull.) persoon (lion's mane mushroom). *BioMed Research International*. Article ID 828149. 9 p. DOI:10.1155/2014/828149.

30. Wise, J. (2016). High intake of saturated fats is linked to increased risk of heart disease. *BMJ*. Vol. 355, 6347. DOI:10.1136/bmj.i6347.

Assessment of energy and biological value of *Cherax quadricarinatus* meat after feeding crayfish with different types of feed

Zharchynska V., Hrynevych N.

Cultivation of the Australian red-clawed crayfish *Cherax quadricarinatus* has become popular in many countries due to the rapid growth rate, high nutritional and biological value of the meat, and quite significant demand among consumers. The aim of our study was to determine the chemical, amino acid and fatty acid composition of *Cherax quadricarinatus* crayfish meat and its energy value when fed with different types of feed. The fatty acid composition of crayfish meat was determined by the chromatographic method, and the amino acid composition by the capillary electrophoresis method. It was established that when feeding cray-

fish with the developed *Decapodafood* feed, the energy value of crayfish meat was 4.3 kcal more than when feeding crayfish with aquarium feed *Ancistrus menu*. Feeding with *Decapodafood* promotes a higher content of essential amino acids compared to feeding with commercial aquarium food *Ancistrus menu*. In particular, a higher content of essential amino acids such as threonine, valine, methionine, lysine in the meat was statistically probable. In addition, a high biological value and digestibility of crayfish meat was found, as the sum of $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{NEAA}$ in all samples was more than 80%, which is on average 20% more than the standard indicator recommended by FAO/WHO.

Feeding crayfish with *Decapodafood* helps to reduce saturated fatty acids in meat and increase unsaturated ones. In particular, a 1.9 times lower content of lauric acid and 1.5 times lower margaric acid was found in the meat of crayfish fed *Decapodafood*, compared to crayfish fed *Ancistrus menu* aquarium food, and myristic and pentadecanoic acid were on average 1.3 times smaller. Among unsaturated fatty acids, a probable increase of 1.4 times was noted for palmitoleic and docosahexaenoic acids, compared to their content in control meat. The content of other polyunsaturated fatty acids (linoleic and eicosapentaenoic), although higher, was insignificant.

Therefore, feeding *Cherax quadricarinatus* crayfish with *Decapodafood* helps to improve the energy and biological value of the obtained meat, which makes it a highly digestible and delicate product.

Key words: *Cherax quadricarinatus*, crayfish meat, *Decapodafood*, amino acid, fatty acid composition of meat.



Copyright: Жарчинська В.С., Гриневич Н.Є. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Жарчинська В.С.

Гриневич Н.Є.

<https://orcid.org/0000-0002-5823-9095>

<https://orcid.org/0000-0001-7430-9498>


УДК 636.082.064

Вплив генотипових чинників на ознаки молочної продуктивності корів українських молочних порід

Ладика В. І.¹ , Скляренко Ю. І.² , Павленко Ю. М.¹ , Малікова А. І.¹ 

¹ Сумський національний аграрний університет

² Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН

 Скляренко Ю. І. E-mail: Sklyrenko9753@ukr.net



Ладика В. І., Скляренко Ю. І., Павленко Ю. М., Малікова А. І. Вплив генотипових чинників на ознаки молочної продуктивності корів українських молочних порід. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 22–30.

Ladyka V., Skliarenko Y., Pavlenko Y., Malikova A. Factors and their influence on the indicators of milk productivity of first-born of Ukrainian dairy breeds. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 22–30.

Рукопис отримано: 11.09.2023 р.

Прийнято: 25.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-22-30

У статті досліджено вплив генотипових чинників на формування показників молочної продуктивності у корів-первісток різних порід. Проведено генотипування 744 корів української бурої молочної, українських червоно- та чорно-рябих молочних порід та сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи, які утримуються в племінних заводах Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН» Сумського району Сумської області, та ПОСП «Ічнянське» та ПОСП «Хлібороб» Чернігівської області. З метою визначення поліморфізму гена бета-казеїну проводили генетичні дослідження в лабораторії Інституту фізіології ім. О. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі. Вивчення ознак молочної продуктивності проводили за допомогою загальноприйнятої методики, використовуючи електронну базу даних СУМС «Орсек». Силу впливу генотипових чинників встановлювали за результатами однофакторного дисперсійного аналізу.

Між тваринами різних порід існує істотна різниця за впливом генотипових чинників на ознаки молочної продуктивності. На величину надою та вміст жиру і білка в молоці лінійна належність мала статистично значущий вплив у тварин українських чорно- та червоно-рябих молочних порід. Водночас, у корів української бурої молочної породи – лише на величину надою. У первісток сумського внутрішньопородного типу лінійна належність не мала статистично значущого впливу на досліджувані ознаки.

Значно більший вплив має походження за батьком ($\eta^2 = 22\text{--}62\%$).

Генотип тварини за бета-казеїном фактично не має достовірного впливу на ознаки молочної продуктивності. Проте у тварин української червоно-рябої молочної породи та сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи він достовірно впливав на формування величини надою та вмісту жиру в молоці.

Тому з метою формування бажаної величини ознак молочної продуктивності у корів-первісток першочерговим завданням є проведення підбору плідників, оцінених за якістю потомства відповідної лінійної належності.

Ключові слова: генотип, бета-казеїн, сила впливу, молочна продуктивність, порода.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Перед тваринниками в сучасних умовах господарювання стоїть першочергове завдання – підвищення рентабельності молочного скотарства. Насамперед цього можна досягти шляхом селекційної роботи з новими вітчизняними молочними породами великої

рогатої худоби за рахунок підвищення надоїв, покращення якості молока та вдалого підбору бугаїв-плідників у процесі їх відтворення [5]. Досягнення цих результатів можливе лише при знанні закономірностей формування та передачі селекційних ознак тварин з покоління в покоління [8]. Це пов'язано з доведенням ролі

спадковості плідників у генетичному поліпшенні худоби, яка сягає близько 90 % [6]. Встановлено, що генотип батька має статистично значущий вплив на величину добового надою ($\eta^2=6,1$ %), вміст жиру ($\eta^2=2,4$ %), вміст білка ($\eta^2=4,1$ %). При цьому лінійна належність має меншу силу впливу на ознаки продуктивності, відповідно, 3,4 %, 1,6 %, 3,1 % [1].

Розведення за лініями вважається одним з ефективних методів покращення порід та консолідації їх продуктивних ознак. З метою прискорення генетичного прогресу науковці пропонують використовувати не лише внутрішньолінійний підбір, а й застосовувати міжлінійні кроси. Тому важливим завданням є виявлення перспективних ліній та встановлення найвдалішого їх поєднання [7].

Одним з генотипових чинників, що має істотний вплив на ознаки продуктивності корів, є умовна частка (кровність) за покращувальною породою. Сила впливу цього чинника може сягати понад 10 %. При зростанні величини умовної кровності за голштинською породою у тварин збільшується рівень надоїв. Також відзначено зростання вмісту жиру та білка в молоці у висококровних за покращувальною породою корів, порівняно з низькокровними тваринами [3].

На сучасному етапі розвитку молекулярної біології та генетики також є можливість підвищення продуктивності тварин та покращення якості молочної сировини [16]. Дослідники вважають, що знайти в молочному стаді генетично детерміновані ознаки з більшою вірогідністю можливо за рахунок вивчення генетичної структури стада за конкретними генетичними ознаками [2]. Науковцями доведено, що ознаки молочної продуктивності контролюються багатьма генетичними локусами [4, 13].

Протягом тривалого часу дослідники ведуть пошук генів, які асоціюються з рівнем надою, вмістом жиру та білка в молоці, технологічними якостями молока [11]. На їх думку, генотипування тварин за генами білків молока сприяє контролю його якості і відкриває нові перспективи в селекції молочної худоби [14]. Також важливим для молочного скотарства є дослідження впливу генотипу за конкретним геном на технологічні властивості молока [20]. Це, на думку науковців, дозволяє шляхом селекційних заходів покращити якісні характеристики молока щодо його сиропридатності [17].

Останнім часом дослідники дедалі частіше звертають увагу на поліморфізм генів, які пов'язані з впливом якості молока на здоров'я людини [9, 19]. Прикладом може бути ген бета-казеїну, який асоціюється з впливом на пе-

ретравність молока [18]. Також, за інформацією окремих науковців, може бути причиною виникнення певних неврологічних, серцево-судинних та інших захворювань у людини. Вважається, що генотип A2A2 за цим геном є безпечним для людини [12]. Серед селекціонерів виникає питання, чи вплине формування стад тварин з генотипом A2A2 на ознаки продуктивності тварин. За результатами досліджень вітчизняних науковців встановлено, що генотип за бета-казеїном не має статистично вагомого впливу на ознаки молочної продуктивності тварин. І, за попереднім висновком науковців, алель A2, як і генотип за геном бета-казеїну A2A2, не чинить негативного впливу на ознаки молочної продуктивності корів [10].

Мета дослідження – дослідити особливості впливу генотипових чинників на молочну продуктивність первісток українських молочних порід великої рогатої худоби.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження було проведено на коровах української чорно-рябої молочної породи (УЧРМ) (ПОСП «Ічнянське» (n=307), української червоно-рябої молочної породи (УЧЕРМ) (ПОСП «Хлібороб» (n=303), сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи (СВТ УЧРМ) (ДП «ДГ ІСГПС НААН») (n=92), української бурої молочної породи (УБМ) (ДП «ДГ ІСГПС НААН») (n=42).

Визначення поліморфізму гена бета-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. О. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразно-ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі [15].

Зразки крові відбирали у моновети об'ємом 2,7 мл ("Sarstedt", Німеччина) з наступним заморожуванням зразків та їх зберіганням за -20° С. ДНК для генотипування отримували із зразків за допомогою набору для очищення геномної ДНК Monarch® New England BioLab (США), згідно з протоколом виробника.

Походження тварин та рівень молочної продуктивності визначали за даними племінного обліку за допомогою програми СУМС ОРСЕК.

Результати досліджень обробляли методами математичної статистики засобами пакету «Statistica-6.1» у середовищі Windows на ПЕОМ.

Результати дослідження та обговорення. Проаналізувавши ознаки продуктивності корів піддослідних господарств, нами встановлено міжпородну диференціацію за величиною надою за першу лактацію (рис. 1).

Встановлено статистично значущу різницю (+1716 кг) між величиною надою первісток

української чорно-рябої молочної породи і її сумського внутрішньопородного типу ($P < 0,001$) та української бурої молочної породи (2486 кг; $P < 0,001$). Тварини української червоно-рябої молочної породи також переважали тварин СВТ УЧРМ та УБМ за надоєм (відповідно, на 1475 та 2245 кг; $P < 0,001$). Первістки сумського внутрішньопородного типу переважають однопітків української бурої молочної породи на 770 кг ($P < 0,05$). Статистично значущу різницю за вмістом жиру в молоці встановлено між тваринами УЧРМ, УЧеРМ порід та СВТ УЧРМ і

УБМ порід ($P < 0,001$). При цьому перевагу мали тварини української бурої молочної породи. Первістки української бурої молочної породи переважали за вмістом білка в молоці тварин усіх інших порід ($P < 0,05$) (рис. 2).

Ми можемо констатувати, що порода як генетичний чинник, істотно впливає на продуктивні ознаки тварин, що збігається із результатами інших дослідників. Такий генетичний чинник як умовна кровність за покращувальною породою ми не враховували у зв'язку з тим, що вона у всіх тварин перевищує 94 %.

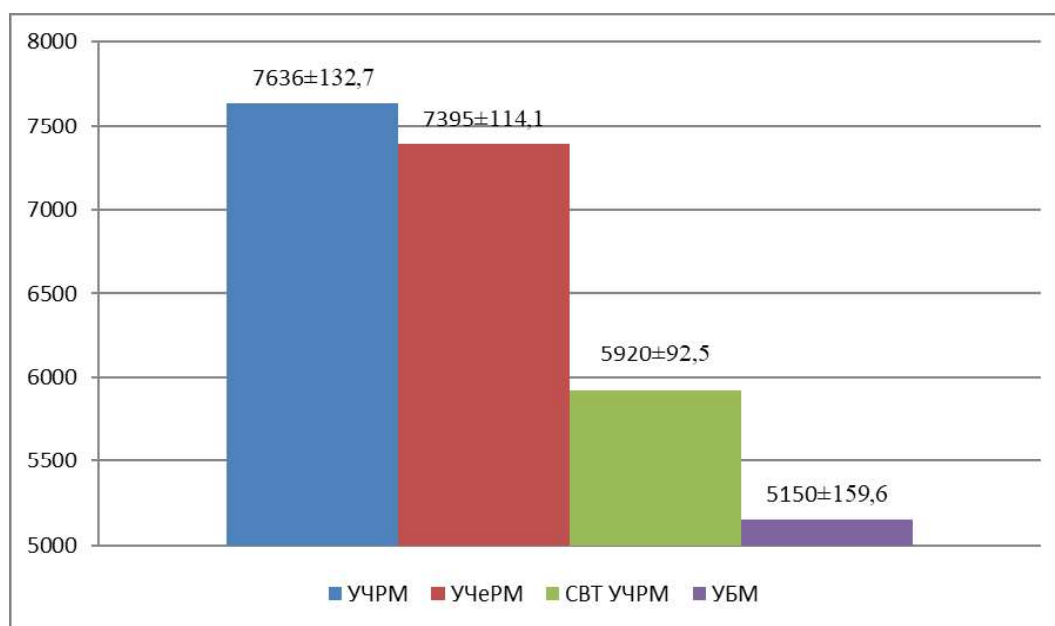


Рис. 1. Величина надоїв первісток різних порід, кг.

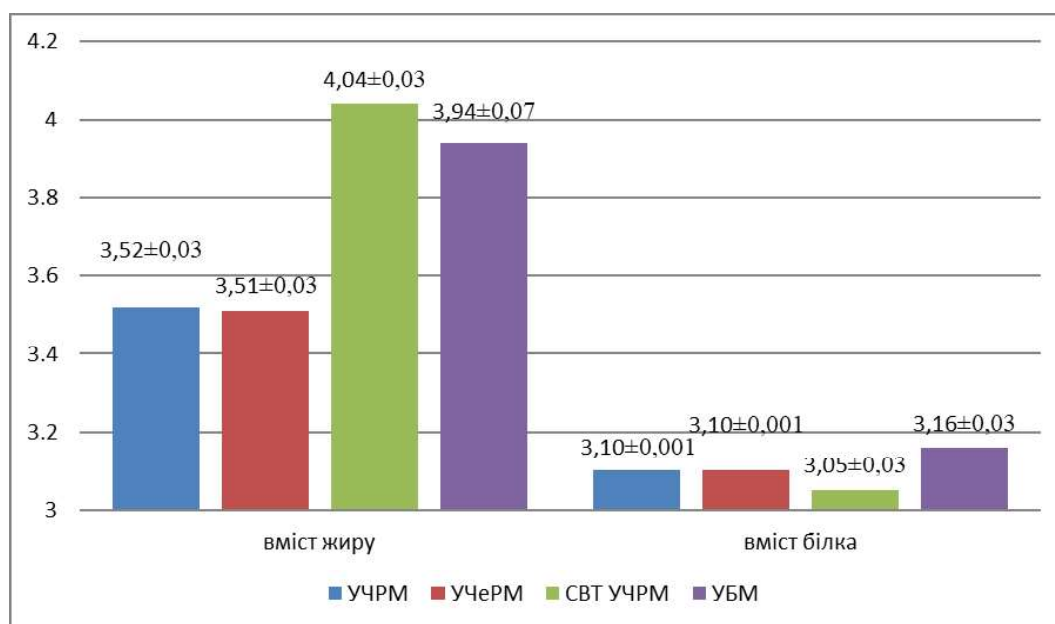


Рис. 2. Вміст жиру та білка в молоці первісток досліджуваних порід, %.

У результаті проведеного однофакторного дисперсійного аналізу зв'язку лінійної належності з ознаками молочної продуктивності первісток статистично значущу різницю ($P < 0,05-0,01$) за показниками надоїв встановлено у первісток різної лінійної належності українських чорно-рябої, червоно-рябої та бурої молочних порід. Сила впливу цього чинника на величину надою становила, відповідно, $\eta^2=5,31$ ($P < 0,01$), $\eta^2=58,54$ ($P < 0,001$), $\eta^2=13,43$ ($P < 0,05$) (табл. 1).

Статистично значущу різницю за вмістом жиру та білка в молоці між тваринами різної лінійної належності встановлено серед первісток українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід ($P < 0,05-0,001$). Тварини української чорно-рябої молочної породи, залежно від лінійної належності, мали вміст жиру в молоці в межах 3,47–3,52 %, білка — 3,08–3,10 %. Тварини української червоно-рябої молочної породи характеризувалися рівнем вмісту цих складових молока в межах 3,48–3,52 % та 3,07–3,11 %. Відповідно, сила впливу чинника лінійної належності на формування цих ознак була статистично значущою і перебувала у межах $\eta^2=9,57-51,54$ % ($P < 0,001$).

Між первітками сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої породи лінії Елевейшна 1491007 та Старбака 352790 встановлена статистично значуща різниця за вмістом жиру в молоці на користь останньої (на 0,14 %) ($P < 0,05$).

Істотно більший вплив на формування продуктивних ознак тварин має походження за батьком. У всіх досліджуваних породах встановлена статистично значуща різниця за величиною надою серед тварин різного походження за батьком ($P < 0,05-0,001$). У первісток української чорно-рябої молочної породи різного походження за батьком величина надою коливалася в межах 5200–9205 кг, української червоно-рябої молочної породи — 4538–8898 кг, сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи — 5547–6583 кг, української бурої молочної породи

— 4012–6098 кг. Сила впливу чинника походження за батьком на величину надою складає за породами — $\eta^2=42,80$ % ($P < 0,001$); 62,03 % ($P < 0,001$); 8,14 %; 44,34 % ($P < 0,05$), відповідно.

Серед первісток всіх досліджуваних порід (різного походження за батьком) встановлена статистично значуща різниця за вмістом жиру в молоці ($P < 0,05-0,001$). Величина вмісту жиру в молоці, залежно від походження за батьком, у досліджуваних породах становить, відповідно: української чорно-рябої молочної — в межах 3,46–3,54 %, української червоно-рябої молочної породи — 3,47–3,56 %, сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи — 3,99–4,23 %, української бурої молочної породи — 3,38–4,31 %. Сила впливу чинника походження за батьком на вміст жиру в молоці становить, відповідно, за породами — $\eta^2=33,75$ % ($P < 0,001$); 21,93 % ($P < 0,001$); 8,32 %; 45,83 % ($P < 0,01$).

За вмістом білка в молоці статистично значущу різницю між тваринами різного походження за батьком встановлено лише в української чорно-рябої та української червоно-рябої молочних породах. Первістки української чорно-рябої молочної породи, залежно від походження за батьком, мають уміст білка — 3,08–3,11 % ($P < 0,05-0,001$), української червоно-рябої молочної породи — 3,07–3,11 % ($P < 0,05-0,001$). Сила впливу чинника походження за батьком на вміст білка в молоці становить, відповідно, за породами — $\eta^2=35,42$ % ($P < 0,001$); 22,40 % ($P < 0,001$).

У зв'язку з пошуком нових генів, які можуть впливати на якісні ознаки молока, останнім часом науковці дедалі частіше пропонують формування стад корів з генотипом A2A2 за бета-казеїном. Проте неоднозначним залишається питання щодо впливу цього генотипу на продуктивні ознаки молочної худоби. За результатами наших досліджень встановлено, що генотип за бета-казеїном не має статистично значущого впливу на величину надою корів-первісток (рис. 3).

Таблиця 1 – Сила впливу генотипових чинників на ознаки молочної продуктивності первісток, η^2 , %

Чинник	УЧРМ			УЧеРМ			СВТ УЧРМ			УБМ		
	надій	вміст жиру	вміст білка	надій	вміст жиру	вміст білка	надій	вміст жиру	вміст білка	надій	вміст жиру	вміст білка
Лінійна належність	5,31**	9,57***	12,99***	58,84***	18,25***	51,54***	1,87	1,69	7,03	13,43*	6,33	0,03
Походження за батьком	42,80***	33,75***	35,42***	62,03***	21,93***	22,40***	8,14	8,32	19,83	44,34*	45,83**	20,76
Генотип за бета-казеїном	0,62	0,14	0,73	3,47*	1,34	0,46	0,15	9,24*	4,78	1,61	5,20	2,97

Примітка: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

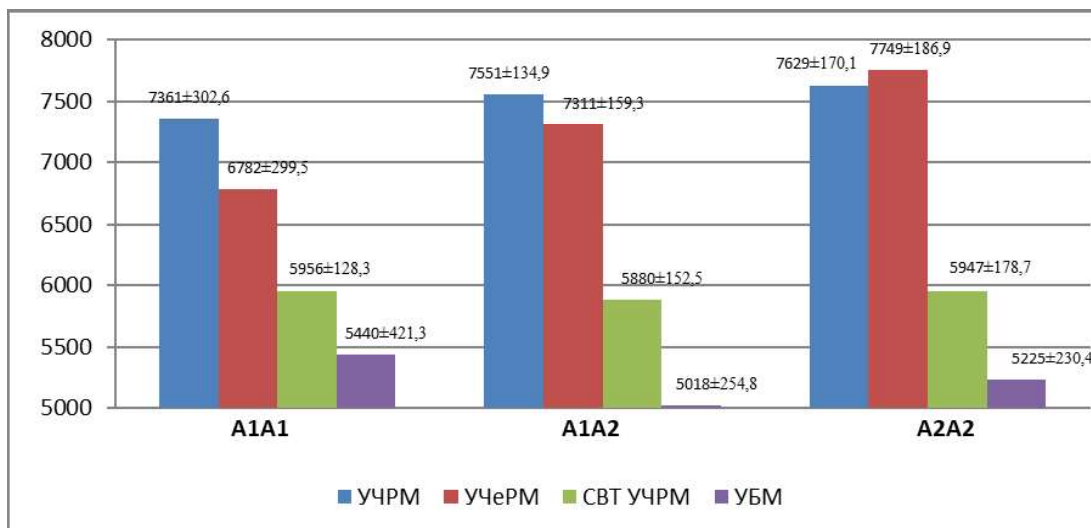


Рис. 3. Величина надою первісток залежно від генотипу за бета-казеїном, кг.

Статистично значущої різниці між тваринами різних генотипів за бета-казеїном у досліджуваних порід не встановлено. Виняток становлять тварини української червоно-рябої молочної породи. Тварини з генотипом А1А1 поступаються коровам за надоєм з генотипом А2А2 на 967 кг ($P < 0,01$). Сила впливу генотипу за бета-казеїном на величину надою первісток, залежно від породи, знаходиться у межах $\eta^2 = 0,15-3,47\%$.

За вмістом жиру в молоці статистично значущу різницю встановлено лише у тварин сумського внутрішньопородного типу. Первістки

цього типу з генотипом А1А2 переважають за вмістом жиру в молоці тварин з генотипом А2А2 на 0,2 % ($P < 0,01$). Між первістками інших досліджуваних порід не встановлено статистично значущої різниці за вмістом жиру в молоці, залежно від генотипу за бета-казеїном (рис. 4).

Сила впливу генотипу за бета-казеїном на вміст жиру в молоці первісток, залежно від породи, знаходиться в межах $\eta^2 = 0,14-9,24\%$.

Статистично значуща різниця за вмістом білка в молоці у первісток різного генотипу за бета-казеїном не встановлена (рис. 5).

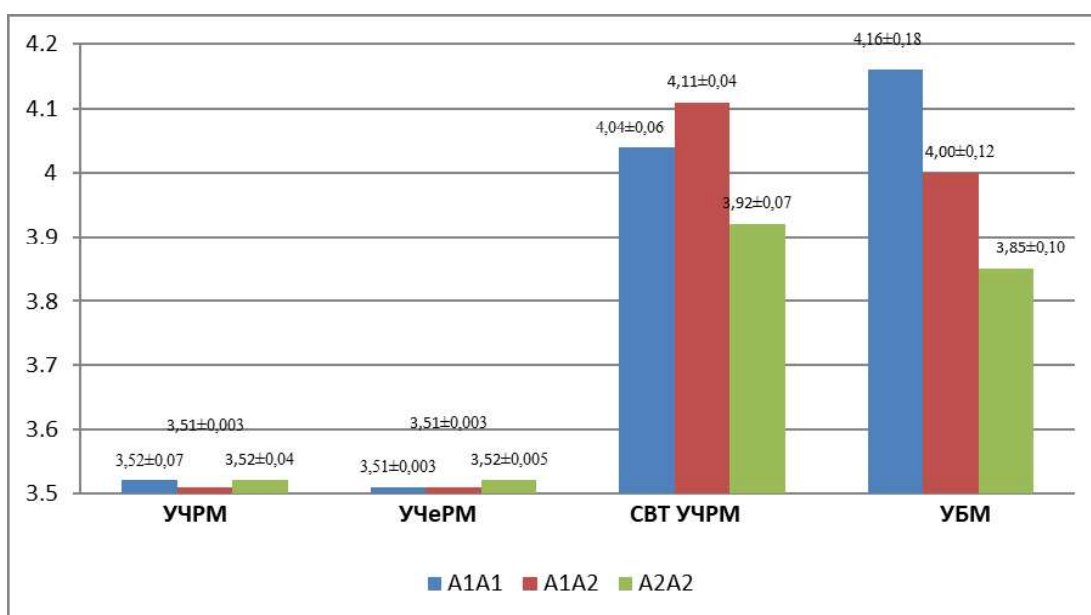


Рис. 4. Вміст жиру в молоці первісток залежно від генотипу за бета-казеїном, кг.

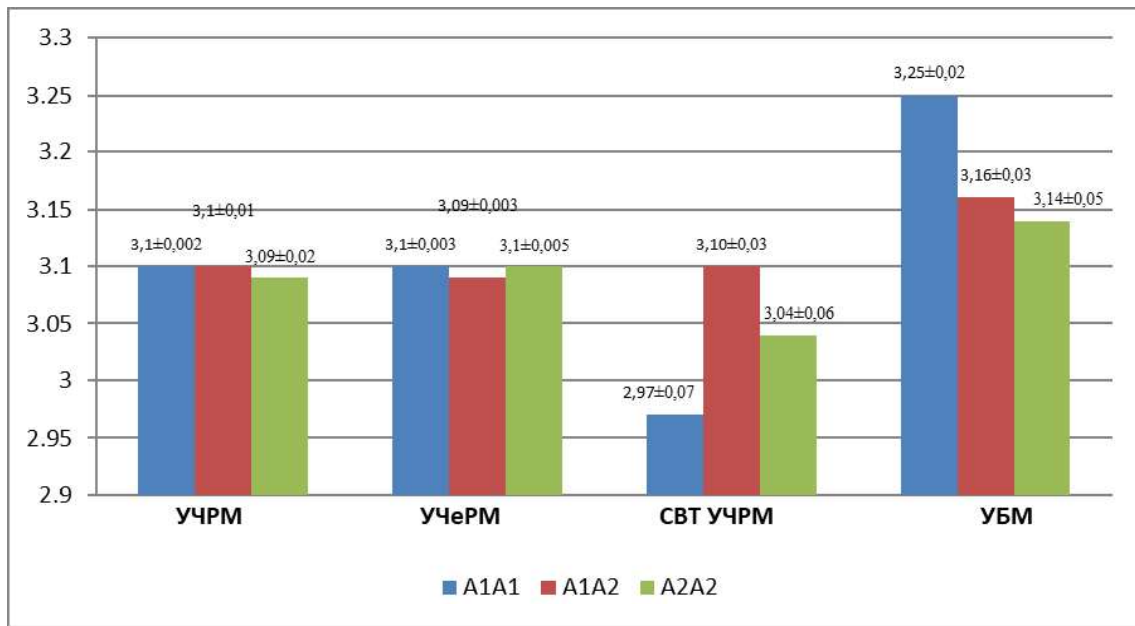


Рис. 5. Вміст білка в молоці первісток залежно від генотипу за бета-казеїном, кг.

Сила впливу генотипу за бета-казеїном на вміст білка в молоці первісток, залежно від породи, перебуває в межах $\eta^2 = 0,46\text{--}4,78\%$.

Результати наших досліджень підтверджують раніше отримані результати інших науковців [1, 2] щодо впливу генотипових чинників на ознаки молочної продуктивності корів. Породна та лінійна належність визначає як рівень молочної продуктивності, так і якісні її ознаки. Про аналогічні до наших результатів щодо впливу окремих генів на ознаки молочної продуктивності повідомляють й інші науковці [5, 14, 17]. Встановлений нами частковий вплив певних генів білків молока на якісні та кількісні ознаки молочної продуктивності збігається з результатами інших науковців.

Висновки: у результаті проведених досліджень нами встановлено, що сила впливу генотипових чинників на ознаки молочної продуктивності, залежно від породи, істотно різниться. Лінійна належність мала статистично значущий вплив на величину надою та вміст жиру і білка в молоці у корів українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід. Лінійна належність також мала істотний вплив на величину надою первісток української бурої молочної породи. Значний вплив на ознаки продуктивності має походження за батьком.

Генотип за бета-казеїном не має істотного достовірного впливу на ознаки молочної продуктивності корів. Винятком є тварини української червоно-рябої молочної породи та сумського внутрішньопородного типу української

чорно-рябої молочної породи, у яких встановлено достовірний вплив генотипу за бета-казеїном на величину надою та вмісту жиру в молоці.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на дослідження впливу поєднань різних генів білків молока на рівень молочної продуктивності корів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адмін О. Є., Адміна Н. Г., Русько Н. П. Вплив генотипу батька на продуктивність корів та імовірність їх захворювання на мастит за різних технологій утримання. Розведення і генетика тварин. 2023. Вип. 65. С. 15–26. DOI:10.31073/abg.65.02.
2. Прискорення селекційного процесу у популяції чорно-рябої худоби шляхом використання генетичних маркерів / В. Є. Бондарук та ін. НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Сільськогосподарські науки. 2022. Вип. 24 (97) С. 213–217. DOI:10.32718/nvlvet-a9735.
3. Молочна продуктивність корів української червоно-рябої молочної породи різних генотипів в природно-кліматичних зонах України / С. Л. Войтенко та ін. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 63. С. 36–43. DOI:10.31073/abg.63.04.
4. Дзіцюк В. В., Мітіюгло І. Д., Мохначова Н. Б., Добрянська М. Л. Молочна продуктивність корів-первісток з різними генотипами за геном гормону росту. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 61. С. 119–125. DOI:10.31073/abg.61.13.
5. Вплив походження за батьком на прояв господарські корисних ознак їх дочок за органічного та конвенційного виробництва молока / Д. М. Ку-

чер та ін. Розведення і генетика тварин. 2022. Вип. 64. С. 34–46. DOI:10.31073/abg.64.04.

6. Формування ознак молочної продуктивності корів залежно від їх походження за батьком / Є. І. Федорович та ін. НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Сільськогосподарські науки. 2023. Вип. 25 (98). С. 142–148. DOI:10.32718/nvlvet-a9824.

7. Федорович В. В., Федорович Є. І., Шпиль І. В., Мазур Н. П. Молочна продуктивність корів за різних варіантів підбору батьківських пар. Розведення і генетика тварин. 2023. Вип. 65. С. 142–152. DOI:10.31073/abg.65.12.

8. Прояв ознак молочної продуктивності корів залежно від продуктивності їх матерів та матерів батьків / І. В. Шпиль та ін. Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво. 2023. 1. С. 82–88. DOI:10.32782/bsnau.lvst.2023.1.12.

9. Does a Little Difference Make a Big Difference? Bovine-Casein A1 and A2 Variants and Human Health — An Update / A. Cie'sli'nska et al. Int. J. Mol. Sci. 2022. No 23. P. 3–21.

10. Ivashchenko O., Kulibaba R. Productivity of cows of the Ukrainian red-spotted dairy breed with different genotypes according to the TLR1, SLC11A1 and CSN2 loci. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2022. No 26 (2). P. 35–42.

11. Kamiński S, Zabołewicz T, Oleński K, Babuchowski A. Long-term changes in the frequency of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin alleles in Polish Holstein-Friesian dairy cattle. Journal of Animal and Feed Sciences. 2023. No 32 (2). P. 205–210.

12. Kulibaba R., Liashenko Yu., Sakhatskyi M. Using the results of genetic and population studies to evaluate breeding work in populations of dairy cows. Scientific and Technical Bulletin of Institute of Animal Husbandry of NAAS. 2023. No 129. P. 103–114.

13. Kulibaba R., Sakhatskyi M., Liashenko Yu. Analysis of the distribution of haplotype frequencies by CSN2 and CSN3 loci in the population of cows of the Ukrainian Black and White dairy breed. Scientific and Technical Bulletin of Institute of Animal Husbandry of NAAS. 2022. No 128. P. 94–104.

14. Physicochemical characteristics and fermentation ability of milk from Czech Fleckvieh cows are related to genetic polymorphisms of β -casein, κ -casein, and β -lactoglobulin / J. Kyselová et al. Asian-Australas J Anim Sci. 2019. No 32 (1). P. 14–22.

15. Ladyka V., Pavlenko Y., Sklyarenko Y. Uso del polimorfismo del gen de la β -caseína en términos de preservación del ganado lechero marrón. Archivos de zootecnia. 2021. No 70 (269). P. 88–94.

16. Metlytska O., Kopylov K., Berezovskyi O. Modern molecular genetic approaches for improving the efficiency of the breeding process in animal husbandry in Ukraine. Breeding and Animal Genetics. 2016. No 51. P. 193–200.

17. Comparison of milk protein composition and rennet coagulation properties in native Swedish dairy cow breeds and high-yielding Swedish Red cows / N. Poulsen et al. J. Dairy Sci. 2017. No 100. P. 8722–8734.

18. Ramakrishnan M., Zhou X., Dydak U., Savaiano D. A. Gastric Emptying of New-World Milk Containing A1 and A2 B-Casein Is More Rapid as Compared to Milk Containing Only A2 B-Casein in Lactose Maldigesters: A Randomized, Cross-Over Trial Using Magnetic Resonance Imaging. Nutrients. 2023. No 15 (4). 801 p.

19. Marker-assisted selection of dairy cows for β -casein gene A2 variant / C. Sebastiani et al. Italian Journal of Food Science. 2022. No 34 (2). P. 21–27.

20. Composite β - κ -casein genotypes and their effect on composition and coagulation of milk from Estonian Holstein cows / M. Vallas et al. J. Dairy Sci. 2012. No 95. P. 6760–6769.

REFERENCES

1. Admin, O. Ye., Admina, N. H., Rusko, N. P. (2023). Vplyv henotypu batka na produktyvnist koriv ta imovirnist yikh zakhvoriuvannya na mastyt za riznykh tekhnolohii utrymannia [The influence of the father's genotype on the productivity of cows and the probability of their disease with mastitis under different husbandry technologies]. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal breeding and genetics]. Issue 65, pp. 15–26.

2. Bondaruk, V. Ye., Zhmur, A. Y., Muzyka, L. I., Bondar, P. V., Orikhivskiy, T. V. (2022). Pryskorennya selekciynogo procesu u populjacii' chorno-rjaboi' hudoby shljahom vykorystannja genetychnyh markeriv [Acceleration of the selection process in the population of Black and Spotted cattle by using genetic markers]. NV LNU veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii [Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies]. Silskohospodarski nauky [Agricultural Sciences]. Issue 24 (97), pp. 213–217.

3. Voitenko, S. L., Sydorenko, O. V., Cherniak, N. H., Korol, P. V., Babush, S. I. (2022). Molochna produktyvnist koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody riznykh henotypiv v pryrodno-klimatychnykh zonakh Ukrainy [Milk productivity of cows of the ukrainian red-spotted dairy breed of different genotypes in natural and climatic zones of Ukraine]. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal breeding and genetics]. Issue 63, pp. 36–43.

4. Dzitsiuk, V. V., Mitiohlo, I. D., Mokhnachova, N. B., Dobrianska, M. L. Molochna produktyvnist koriv-pervistok z riznymy henotypamy za henom hormonu rostu [Milk productivity of first-born cows with different genotypes for the growth hormone gene]. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal breeding and genetics]. Issue 61, pp. 119–125.

5. Kucher, D. M., Kochuk-Yashchenko, O. A., Sliusar, M. V., Tkachuk, S. M., Karykh, K. V. (2022). Vplyv pokhodzhennia za batkom na proiav hospodarsky korysnykh oznak yikh dochok za orhanichnoho ta konventsiiynoho vyrobnytstva moloka [The influence of paternal origin on the manifestation of economically useful traits of their daughters under organic and conventional milk production]. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal breeding and genetics]. Issue 64, pp. 34–46.

6. Fedorovych, Ye. I., Shpyt, I.V., Fedorovych, V.V., Tkachuk, V.P., Chorny, I.O. (2023). Formuvannya oznak molochnoi produktyvnosti koriv zalezno vid

- yikh pokhodzhennia za batkom [Formation of signs of milk productivity of cows depending on their origin by father]. NV LNU veterinarynoi medytsyny ta biotekhnologii [Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies]. Silskohospodarski nauky [Agricultural Sciences]. Issue 25 (98), pp. 142–148.
7. Fedorovych, V. V., Fedorovych, Ye. I., Shpyt, I. V., Mazur, N. P. (2023). Molochna produktyvnist koriv za riznykh variantiv pidboru batkivskykh par [Milk productivity of cows under different options for selection of parent pairs]. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal breeding and genetics]. Issue 65, pp. 142–152.
8. Shpyt, I. V., Fedorovych, Ye. I., Kuziv, M. I., Fedorovych, V. V., Kuziv, N. M. (2023). Proiav oznak molochnoi produktyvnosti koriv zalezno vid produktyvnosti yikh materiv ta materiv batkiv [Manifestation of milk productivity features of cows depending on productivity of their mothers and mothers of fathers]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of Sumy National Agrarian University]. Tvarynnytstvo [Livestock]. 1, pp. 82–88.
9. Cie'slińska, A., Fiedorowicz, E., Rozmus, D., Sienkiewicz-Szłapka, E., Jarmołowska, B., Kamiński, S. (2022). Does a Little Difference Make a Big Difference? Bovine-Casein A1 and A2 Variants and Human Health - An Update. *Int. J. Mol. Sci.*, no. 23, pp. 3–21.
10. Ivashchenko, O., Kulibaba, R. (2022) Productivity of cows of the Ukrainian red-spotted dairy breed with different genotypes according to the TLR1, SLC11A1 and CSN2 loci. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. no. 26 (2), pp. 35–42.
11. Kamiński, S., Zabołewicz, T., Oleński, K., Babuchowski, A. (2023). Long-term changes in the frequency of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin alleles in Polish Holstein-Friesian dairy cattle. *Journal of Animal and Feed Science*, no. 32 (2), pp. 205–210.
12. Kulibaba, R., Liashenko, Yu., Sakhatskyi, M. (2023). Using the results of genetic and population studies to evaluate breeding work in populations of dairy cows. *Scientific and Technical Bulletin of Institute of Animal Husbandry of NAAS*. no. 129, pp. 103–114.
13. Kulibaba, R., Sakhatskyi, M., Liashenko, Yu. (2022). Analysis of the distribution of haplotype frequencies by CSN2 and CSN3 loci in the population of cows of the Ukrainian Black and White dairy breed. *Scientific and Technical Bulletin of Institute of Animal Husbandry of NAAS*. no. 128, pp. 94–104.
14. Kyselová, J., Ječmínková, K., Matějčková, J., Hanuš, O., Kott, T., Štípková, M., Krejčová, M. (2019). Physiochemical characteristics and fermentation ability of milk from Czech Fleckvieh cows are related to genetic polymorphisms of β -casein, κ -casein, and β -lactoglobulin. *Asian-Australas J Anim Sci.*, no. 32 (1), pp. 14–22.
15. Ladyka, V., Pavlenko, Y., Sklyarenko, Y. (2021). Uso del polimorfismo del gen de la β -caseína en términos de preservación del ganado lechero marón. *Archivos de zootecnia*. no. 70 (269), pp. 88–94.
16. Metlytska, O., Kopylov, K., Berezovskyi, O. (2016). Modern molecular genetic approaches for improving the efficiency of the breeding process in animal husbandry in Ukraine, *Breeding and Animal Genetics*. no. 51, pp. 193–200.
17. Poulsen, N., Glantz, M., Anette, K., Paulsson, M., Lotte, B. (2017). Comparison of milk protein composition and rennet coagulation properties in native Swedish dairy cow breeds and high-yielding Swedish Red cows. *J. Dairy Sci.*, no. 100, pp. 8722–8734.
18. Ramakrishnan, M., Zhou, X., Dydak, U., Savaiano, D. A. (2023). Gastric Emptying of New-World Milk Containing A1 and A2 B-Casein Is More Rapid as Compared to Milk Containing Only A2 B-Casein in Lactose Maldigesters: A Randomized, Cross-Over Trial Using Magnetic Resonance Imaging. *Nutrients*. no. 15 (4), 801 p.
19. Sebastiani, C., Arcangeli, C., Torricelli, M., Ciullo, M., D'avino, N., Cinti, G., Fisichella, S., Biagetti, M. (2022). Marker-assisted selection of dairy cows for β -casein gene A2 variant. *Italian Journal of Food Science*, no. 34 (2), pp. 21–27.
20. Vallas, M., Kaart, T., Värvi, I., Jõudu, I., Vinalass, H., Pärna, E. (2012). Composite β - κ -casein genotypes and their effect on composition and coagulation of milk from Estonian Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, no. 95, pp. 6760–6769.

Factors and their influence on the indicators of milk productivity of first-born of Ukrainian dairy breeds

Ladyka V., Skliarenko Y., Pavlenko Y., Malikova A.

The article examines the influence of genotypic factors on the formation of milk productivity indicators in first-born cows of various breeds. Genotyping of 744 cows of Ukrainian Brown Dairy, Ukrainian Red-And White, Ukrainian Black-and-White Dairy breeds and Sumy inbred type of Ukrainian Black-and-White dairy breed, which are kept in breeding farms of State Enterprise "Experimental Farm of Institute of Agriculture of Northern East of NAAS" of Sumy district of Sumy Region and PRAE Ichnyanske and PRAE Khlitorob of Chernihiv region. In order to determine the polymorphism of the beta-casein gene, genetic studies were carried out in the laboratory of Institute of Physiology named after Bogomolets of NAS with the help of molecular biological analysis of allele recognition by polymerase chain reaction (PCR) in real time. The study of milk productivity indicators was carried out with the help of generally accepted methods, using the electronic database of SUMS "Orsek". The influence of genotypic factors was determined based on the results of one-factor variance analysis.

Between animals of different breeds, there is a significant difference in the influence of genotypic factors on indicators of milk productivity. Linear belonging had a statistically significant effect on milk yield and the content of fat and protein in milk in animals of the Ukrainian black-and-white and red-and-white dairy breeds. Whereas in cows of Ukrainian brown dairy breed - only on the amount of milk yield. In first-borns of Sumy intrabreed type, linear belonging did not have a statistically significant effect on the studied indicators.

Father's origin has a much greater influence ($\eta^2=22-62\%$).

The genotype of the animal according to beta-casein actually does not have a reliable effect on the indicators of milk productivity. However, in animals of Ukrainian red-and-white dairy breed and Sumy inbred type of Ukrainian black-and-white dairy breed, it reliably influenced the formation of milk yield and fat content in milk.

Therefore, with the aim of forming the desired value of milk productivity traits in first-born cows, the primary task is to carry out the selection of breeders assessed for the quality of the offspring of the corresponding lineal affiliation.

Key words: genotype, beta-casein, influence, milk productivity, breed



Copyright: Ладика В. І., Скляренко Ю. І., Павленко Ю. М., Малікова А. І. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Ладика В. І.

Скляренко Ю. І.

Павленко Ю. М.

Малікова А. І.

<https://orcid.org/0000-0001-6748-7616>

<https://orcid.org/0000-0002-6579-2382>

<https://orcid.org/0000-0002-4128-122X>

<https://orcid.org/0000-0002-4277-0172>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.597:637.513:636.084

Ефективність застосування біологічної активної добавки «Активіо» при годівлі молодняку качокЛещишин І.С.¹ , Кирилів Я.І.²¹ Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького² Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН Лещишин І.С. E-mail: irinaleshchyshyn@ukr.net

Лещишин І.С., Кирилів Я.І. Ефективність застосування біологічної активної добавки «Активіо» при годівлі молодняку качок. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 31–39.

Leshchyshyn I., Kyryliv Y. The effectiveness of the biologically active additive «Activio» using when feeding young ducks. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 31–39.

Рукопис отримано: 01.09.2023 р.

Прийнято: 16.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-31-39

Сільськогосподарська птиця вирізняється певними біологічними особливостями: інтенсивним метаболізмом та швидким ростом, скороспілістю та значним потенціалом відтворення, високою температурою тіла, стійкістю до багатьох інфекційних захворювань тощо.

Наведено результати експериментального дослідження впливу біологічно активної добавки «Активіо», яка містить ефірні олії кориці, розмарину, орегано та екстракт перцю чилі, на продуктивні якості молодняку качок. Для реалізації поставленої мети сформовано дві дослідні групи качок: 1 група – качки пекінської породи, 2 – качки кросу Черрі-Веллі, яким у складі повноцінного та збалансованого за поживними речовинами та енергією раціону згодували препарат «Активіо», з розрахунку 100 г на 1 т комбікорму. Встановлено, що введення до раціону молодняку качок препарату «Активіо» сприяє підвищенню показників споживання корму, приросту живої маси та збереженості каченят, що, насамперед, пов'язано з тим, що ефірні олії кориці, розмарину, орегано, екстракт перцю чилі мають позитивні, стимулювальні біологічні ефекти, покращують функціонування органів травлення, імунної, нервової систем та опорно-рухового апарату. Під час вирощування птиці важливим показником є середньодобове споживання кормів, яке, згідно з даними статті, у період з 1 по 7 добу становило в качок першої групи 27,15 г/гол/добу, в качок другої групи – 28,41 г/гол/добу, а в період з 22 по 28 добу величина показника середньодобового споживання корму склало 259,36 г/гол/добу у першій групі, у другій групі – 270,36 г/гол/добу.

Використання препарату «Активіо» не чинило негативного впливу на організм молодняку каченят та дало змогу реалізувати генетичний потенціал продуктивності качок, що було яскравіше виражено у молодняку каченят кросу Черрі-Веллі, отриманого на базі качок пекінської породи шляхом поглибленої селекції з використанням батьківської лінії 151 і материнської 102, і має вищу енергію росту, порівняно з качками пекінської породи.

Ключові слова: качки, пекінська порода, Черрі-Веллі, кормова добавка, «Активіо», прирости, жива маса, збереженість.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Птахівництво є однією з найбільш економічно ефективних галузей тваринництва, що забезпечує харчову безпеку більшості країн сучасного світу [1, 2, 3, 4]. Асортимент кормів, що застосовують у птахівництві, різноманітний, характеризується багатоаспектним складом та властивостями. Раціональна організація

годівлі сільськогосподарської птиці має важливе значення для покращення м'ясної та яєчної продуктивності в умовах використання інтенсивних технологій. Тип годівлі та склад раціону безпосередньо впливають на обмін речовин та енергії, ріст і розвиток, морфологічний та функціональний стани організму та продуктивність птиці різних вікових груп [5–8].

Зниження продуктивності птахів, уповільнення їх росту та розвитку досить часто виникають за неправильних умов утримання, незбалансованої та неповноцінної годівлі, що нерідко призводить до порушення метаболізму, розвитку хвороб незаразного, інфекційного, зокрема, інвазійного генезу [9–12].

На сучасному етапі розвитку птахівництва економічно ефективно виробництво м'ясної та ячної продукції передбачає не лише оптимізацію умов утримання, повноцінну та збалансовану годівлю, а також неможливе без застосування різноманітних біологічно активних речовин, що містять амінокислоти, мікроелементи, вітаміни, суміші трав'яних екстрактів, ферментні препарати, інші стимулятори росту, а іноді й сорбенти [13–17].

Враховуючи дані щодо негативного впливу кормових антибіотиків та стимуляторів росту, які часто містять гормони, найбільш ефективним та безпечним є використання біологічно активних добавок рослинного походження, застосування яких є важливим фактором, що впливає на здатність реалізації генетичного потенціалу продуктивності птиці, підвищення їх резистентності, а також покращення смакових якостей м'яса.

Досить ефективним є препарат рослинного походження «Активіо» – комбінація природних стандартизованих біологічно-активних речовин, виділених із ароматичних трав і спецій, зосереджених в одній мікроінкапсульованій частці. У складі препарату «Активіо» містилось: 1) ефірна олія кориці; 2) ефірна олія розмарину; 3) екстракт перцю чилі; 4) ефірна олія орегано.

Біологічно активні добавки рослинного походження досить часто використовуються в годівлі сільськогосподарської птиці. Окремі часто застосовують як стимулятори росту, що є альтернативою кормових антибіотиків. Це пов'язано з тим, що їх рослинні складники містять біологічно-активні речовини, які негативно впливають на розмноження, ріст та розвиток багатьох мікроорганізмів, наділені стимулювальними, пребіотичними та протиалергічними ефектами тощо.

Ефірні олії – рослинні продукти, які отримують із спецій і трав. Вони позитивно впливають на продуктивність тварин. Ці властивості приписують вторинним рослинним компонентам, які не належать до первинного метаболізму рослин, але життєво важливі для захисту від вірусів, бактерій, грибків і паразитів. В окремих випадках діють як принада для процесу відтворення [13, 15].

Зокрема, ефірна олія кориці має бактеріостатичні властивості, покращує кровообіг та засвоєння корму, стимулює регенераторні процеси в організмі.

Ефірна олія орегано наділена значним антибактеріальним потенціалом. Карвакрол, що міститься в орегано, індукує загибель (апоптоз) багатьох видів мікроорганізмів. Крім того, орегано є джерелом потужних антиоксидантів завдяки наявності розмаринової кислоти і тимолу. Розмаринова кислота також чинить антигістамінну дію, завдяки чому знижується рівень алергічних реакцій в організмі.

Перець чилі завдяки наявності капсаїцину та інших активних складників вбиває значну кількість патогенних бактерій, які можуть потрапляти до корму, наділений подразнювальними властивостями, стимулює процеси травлення, покращує кровообіг та обмін речовин. Перевагою капсаїцину є його термостабільність та широкий спектр антиоксидантних реакцій, які індукуються в організмі після надходження в органи травлення перцю чилі.

Ці складники покращують смакові якості та інтенсивність травлення у птиці за рахунок підвищення активності травних ферментів і секреції шлункового соку.

Слід зазначити, що в науковій літературі нечисленні публікації про результати досліджень впливу на організм каченят біологічно-активних добавок, які містять поєднання декількох рослинних компонентів. У зв'язку з цим вивчення впливу біологічно активної добавки «Активіо» є актуальним питанням та має науково-практичне значення.

Мета дослідження – з'ясувати вплив біологічно-активної добавки «Активіо» на продуктивність молодняка качок в період їх інтенсивного росту.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальні дослідження було проведено в умовах ДП ДГ «Миклашівське» Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України. Для дослідів були підібрані каченята за принципом груп-аналогів. Перша група – каченята пекінської породи (n=100), друга група – каченята кросу Черрі Веллі (n=100).

Живу масу птиці визначали шляхом індивідуального зважування (з точністю до 1 грама) щотижня. Також проводили контроль утримання каченят пекінської породи та Черрі Веллі. Перша та друга дослідні групи качок утримувались в однакових умовах, в яких світловий та температурний режими, вологість повітря, а також умови напування та фронт годівлі відповідали рекомендованим нормам.

До збалансованого раціону каченят додавали біологічну активну добавку «Активіо» з розрахунку 100 г на 1 т корму.

Кожної доби враховувалася кількість виданого комбікорму та його залишків. Збереженість птиці обліковували щодня. Під час проведення дослідження визначали витрати комбікорму на 1 кг приросту живої маси.

Під час експериментальних досліджень дотримано всіх біоетичних вимог у ставленні до тварин, що відповідають Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 28.03.2006 р. та «Європейській конвенції про захист хребетних тварин» від 13.11.1987 р., наказу Міністра освіти і науки, молоді та спорту України 01.03.2012 р. № 249, зареєстровано в Міністерстві юстиції

України 16 березня 2012 р. за № 416/20729 про «Порядок проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах».

Збалансована за поживними речовинами та енергією годівля качок здійснювалась повноцінними комбікормами, згідно з діючими нормами з урахуванням комплексу поживних і біологічно активних речовин з метою забезпечення нормального росту та реалізації продуктивних якостей у відповідності із ДСТУ 4120-2002 «Комбікорми повнораціонні для сільськогосподарської птиці». Додатково до раціону вводили 100 грам на 1 тону комбікорму препарату «Активіо». Склад повнораціонного комбікорму, який згодовували качкам протягом періоду вирощування, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Склад повнораціонного комбікорму для каченят

Інгредієнти	№ ПК 31-2	№ ПК 22-2
	Вік, діб	
	1–15	15–42
	Вміст, %	
Дерть кукурудзяна	15	40,8
Дерть пшенична	44	29
Дерть ячмінна без плівок	17,44	9,49
Шрот соняшниковий	7	5
Дріжджі кормові	3	3
Рибне борошно	7	5
М'ясо-кісткове борошно	-	2
Висівки пшеничні	4	3
Крейда, вапняк	1,4	1,5
Сіль кухонна	0,16	0,21
«Активіо»	1	1
Разом	100	100
У 100 г комбікорму міститься		
Обмінної енергії, ккал	286,0	296,31
Сирого протеїну, г	18,09	16,47
Енерго-протеїнове співвідношення	158	180
Сирого жиру, г	2,2	2,9
Сирої клітковини, г	4,6	3,8
Кальцію, г	1,17	1,16
Фосфору, г	0,84	0,76
Натрію, г	0,39	0,35
Лізину (без добавки), мг	888,7	776,8
Метіоніну + цистину (без добавки), мг	658,0	567,9

Результати дослідження та обговорення. У період росту каченята відрізняються від інших видів сільськогосподарської птиці значним апетитом, невибагливістю до кормів, відносно високою стійкістю до незаразних та інфекційних захворювань, значною життєздатністю. Збереженість та жива маса качок є важливими та об'єктивними показниками, що характеризують повноцінність годівлі птиці за оптимальних умов утримання. Для визначення збереженості поголів'я качок за дослідний період проводили облік загиблого та вибракуваного поголів'я (табл. 2). З даних таблиці 2 видно, що збереженість качок у другій групі (крос Черрі-Веллі) була незначно вищою, порівняно з першою групою (пекінська порода). За аналізу причин вибракування птиці нами не встановлено будь-яких симптомів інфекційних захворювань, гіповітамінозів, масового порушення процесів травлення. Стан посліду (консистенція, запах, колір) були нормальними. Основна причина загибелі молодняку качок полягала в травматизмі кінцівок. Таким чином, згодовування препарату «Активіо» не вплинуло на безпеку качок.

Таблиця 2 – Збереженість поголів'я каченят, %, n=100

Вік каченят, діб	Групи	
	Перша група	Друга група
1–7	100	100
8–18	99	100
19–28	98	99
29–38	100	100
39–42	100	100
У середньому за дослід	99	100

Слід зазначити, що інтенсивність росту та розвитку молодняку сільськогосподарської птиці залежить від споживання та перетравлення корму, всмоктування та засвоєння поживних речовин в органах травлення з подальшим використанням засвоєних органічних сполук для забезпечення нормального перебігу фізіологічних процесів, формування структурних компонентів опорно-рухового апарату та внутрішніх органів, збільшення живої маси.

Важливим показником за вирощування птиці є середньодобове споживання кормів. Згідно з даними таблиці 3, у період з 1 по

7 добу середньодобове споживання корму в качок першої групи становило 27,15 г/гол/добу, а в качок другої групи – 28,41 г/гол/добу, а в період з 22 по 28 добу величина показника середньодобового споживання корму – 259,36 г/гол/добу, у качок другої групи – 270,36 г/гол/добу. У завершальні періоди вирощування середньодобові показники споживання комбікорму були найвищими. Зокрема, в період з 36 по 42 добу у першій групі величина середньодобового споживання комбікорму становила 337,25 г/гол/добу, а в другій – 351,52 г/гол/добу. У всі періоди досліді споживання комбікорму у молодняку качок кросу Черрі-Веллі переважали над зазначеними показниками у качок пекінської породи (таблиця 3).

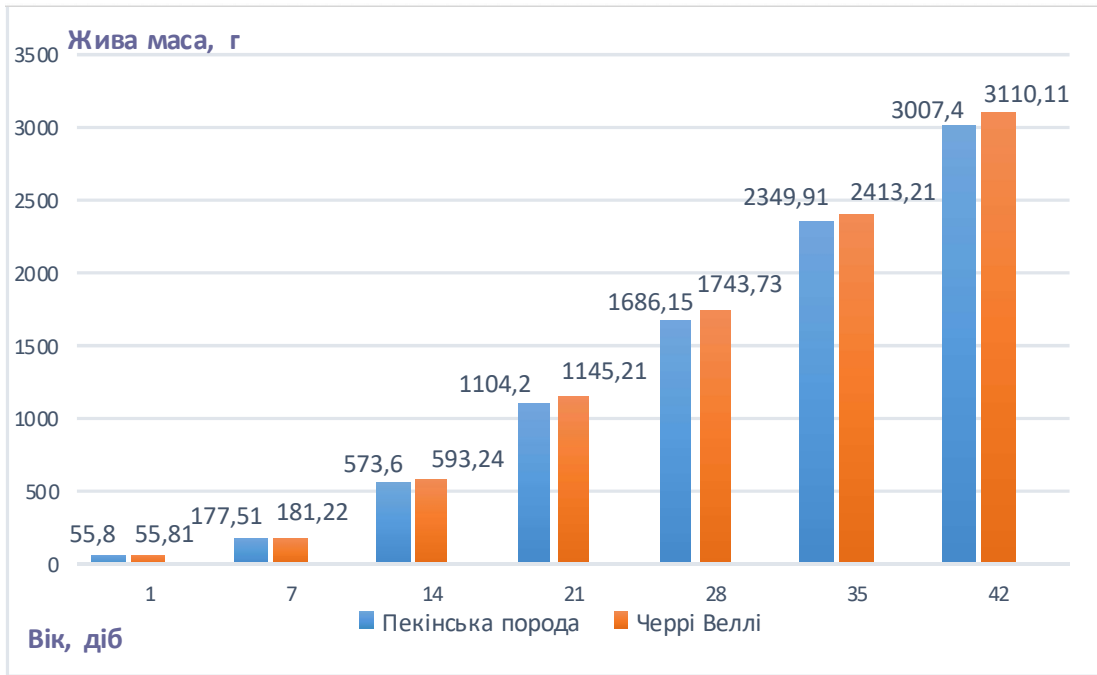
Щоб з'ясувати, як змінюється жива маса та визначити інтенсивність росту молодняку качок під впливом біологічно активної добавки «Активіо», нами проводилось зважування каченят протягом усього науково-господарського досліді.

Таблиця 3 – Споживання комбікорму молодняком качок, г/гол/добу

Вік каченят, діб	Група	
	Перша група (пекінська порода)	Друга група (Черрі Веллі)
1–7	27,15	28,41
8–14	83,64	87,02
15–21	194,30	202,32
22–28	259,36	270,36
29–35	321,11	334,45
36–42	337,25	351,52
У середньому за дослід	203,8	212,35

Слід зазначити, що жива маса птиці служить об'єктивним критерієм стану організму та залежить від віку, годівлі, кліматичних умов, а також від інтенсивності фізіологічних процесів, які перебігають в організмі тощо. Досить важливим є нормальне функціонування органів травлення, які забезпечують перетравлення та всмоктування поживних речовин корму.

Важливою умовою реалізації генетичного потенціалу продуктивності качок, насамперед, є збалансована та повноцінна годівля, яка забезпечує потребу в обмінній енергії і поживних речовинах.



Діаграма 1. Динаміка живої маси качок.

Підвищення живої маси качок пов'язане з їх ростом та розвитком, а також з повноцінною годівлею. На початок дослідів жива маса качок у дослідних групах була практично однаковою.

Аналізуючи дані діаграми, можна відзначити, що показники живої маси каченят в перший період дослідів не різнились. Достовірна відмінність показників живої маси каченят Черрі-Веллі та каченят пекінської породи спостерігалась у період з 21 по 42-у добу. Показник живої маси каченят другої групи, порівняно з першою групою, на 21 добу був більшим на 41,01 г, а на 28 добу – 57,58 г ($p < 0,001$). На 35 добу дослідів жива маса у каченят другої групи була на 63,3 г ($p < 0,001$) більшою, ніж у качок першої групи (пекінська порода), а на 42 добу, відповідно, на – 102,71 г ($p < 0,001$). Позитивним фактом також є те, що згодовування каченят комбікорму з біологічно активною кормовою добавкою «Активіо» не мало негативного впливу на качок та сприяло доброму засвоєнню корму.

Враховуючи дані показників середньодобового споживання комбікорму та темпів росту молодняку качок, ми провели визначення показника витрат корму на 1 кг приросту живої маси (таблиця 4). Протягом першого тижня вирощування витрати комбікорму на 1 кг приросту живої маси в першій групі (пекінська порода) склали 1,561 кг, а в другій групі (крос Черрі Веллі) – 1,586 кг. У період

з 8 по 28 добу показники витрат корму на 1 кг приросту живої маси у качок I групи (пекінська порода) та качок другої групи (Черрі-Веллі) майже не різнились. Найвищими витрати кормів були в період інтенсивного росту каченят, починаючи з 22 доби вирощування. Зокрема, з 28 по 35 добу витрати корму на 1 кг приросту живої маси у качок I групи (пекінська порода) становили 3,386 кг, а в качок 2 групи (Черрі-Веллі) – 3,497 кг, а у період з 36 по 42 добу витрати корму на 1 кг приросту живої маси у качок I групи (пекінська порода) становили 3,591 кг, а в качок 2 групи (Черрі-Веллі) були дещо меншими, порівняно з каченятами I групи, і становили 3,531 кг на 1 кг приросту живої маси.

Таблиця 4 – Витрати корму на 1кг приросту живої маси, кг

Вік каченят, діб	Перша група (Пекінська порода)	Друга група (Черрі-Веллі)
1–7	1,561	1,586
8–14	1,478	1,478
15–21	2,563	2,566
22–28	3,119	3,162
28–35	3,386	3,497
36–42	3,591	3,531
У середньому за дослід	2,62	2,64

Аналізуючи показники середньодобового споживання корму у дослідних каченят, варто звернути увагу на те, що до складу біологічно-активної добавки «Активіо» входять рослинні компоненти (ефірні олії кориці, розмарину, орегано, екстракт перцю чилі), наділені позитивними, у тому числі, стимулювальними ефектами щодо функціонування органів травлення, імунної, нервової систем, органів чуття та опорно-рухового апарату тощо.

Зокрема, ефірна олія кориці є смаковим стимулятором та антиоксидантом, що посилює сприйняття запаху та смаку корму, знижує рівень впливу стрес-факторів на організм птиці.

Позитивний вплив додавання до раціону молодняку качок рослинних ефірних олій, які містять ефірну олію кориці, отримали дослідники [18], які реєстрували більші рівні споживання корму, кращі середньодобові прирости та більшу масу тіла молодняку качок кросу Черрі-Веллі, що було зумовлено покращенням мікробіоти сліпих кишок, збільшенням висоти ворсинок дванадцятипалої та порожньої кишки, а також модифікацією бар'єрної функції кишківника.

Згідно з даними [19], введення в склад кормових добавок ефірної олії кориці замість антибіотиків є не лише корисним для добробуту тварин, а також збільшує рівень споживання кормів та масу сільськогосподарської птиці, зокрема, унаслідок посилення синтезу шлункових ферментів.

Ефірна олія розмарину у складі комплексних рослинних кормових добавок, згідно з даними [20], покращує загальний приріст ваги птиці унаслідок збільшення висоти та ширини ворсинок порожньої кишки та покращення всмоктувальної здатності кишківника.

За додавання до раціону перепелів-несучок кормової добавки, яка містить ефірну олію розмарину, встановлено її антиоксидантну дію та не виявлено негативного впливу на продуктивність і показники якості яєць перепелів [21].

Згідно з даними [22], введення до раціону мускусних качок кормової добавки, яка містить ефірну олію розмарину, покращуються показники приростів живої маси молодняку качок.

Досить виражений позитивний ефект отримали у дослідженнях [23] унаслідок додавання до кормів капсаїцину (екстракту перцю чилі) при вирощуванні пекінських качок. Зокрема, у разі додавання до раціону 14 добових пекінських качок 100 та 150 мг капсаїцину відзначається значне збільшення живої маси, коефіцієнта засвоюваності кормів (особливо за згодовування ефірного екстракту перцю чилі),

значне підвищення активності амілази, ліпази та трипсину в усіх відділах тонкого кишківника, а також покращення мікробіологічного профілю шлунково-кишкового тракту.

Згідно з даними [24], екстракт перцю чилі при згодовуванні качкам, за умов вільного доступу до корму, не лише збільшує апетит та рівень споживання корму, а також покращує несучість та збільшення маси яєць.

Ефірна олія орегано, що у складі містить карвакрол, наділена бактерицидними та антиоксидантними властивостями, пригнічує ріст і розвиток патогенних мікроскопічних грибів та бактерій. Згідно з даними [25], комплексні кормові добавки рослинного походження, які у складі містять ефірну олію орегано, а також коричну олію та екстракт перцю чилі мають декілька потенційно сприятливих ефектів, що характеризуються збільшенням середньодобових приростів та живої маси, покращенням антиоксидантної здатності організму та його імунного статусу, а також реєструється збільшення висоти ворсинок та співвідношення висоти ворсинок до глибини крипт порожньої кишки, що значно урізноманітнює популяцію мікроорганізмів кишківника та покращує його бар'єрну функцію.

Позитивний вплив на організм молодняку каченят ефірної олії орегано та коричної олії у дослідженнях виявили ряд дослідників [26]. Унаслідок додавання кормових добавок, що містили ефірні олії рослинного походження, реєструвалось пригнічення патогенної мікрофлори сліпих кишок, без виражених змін показників продуктивності, порівняно з контрольними групами тварин.

На показники швидкості росту впливають різноманітні фактори, передусім склад та якість кормів, режим годівлі, умови утримання, а також вплив різноманітних факторів навколишнього середовища, генетичний потенціал швидкості росту тощо [27–33].

Крос Черрі-Веллі, який отримано на базі качок пекінської породи шляхом поглибленої селекції з використанням батьківської лінії 151 і материнської 102, має вищу енергію росту, порівняно з качками пекінської породи. Гібридні каченята Черрі-Веллі швидко набирають живу масу до 2,9–3,3 кг [34, 35].

Про ефективність використання препарату «Активіо» у годівлі каченят також можна судити на основі споживання корму. В середньому на одну голову та витрати їх на одиницю приросту живої маси (табл. 3, 4).

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що введення до складу збалансованого за поживними речовинами та

енергією раціону молодняку качок препарату «Активіо» покращує споживання корму, підвищує прирости живої маси та збереженості каченят, що було більш вираженим у каченят кросу Черрі-Веллі. Одержані результати можуть бути використані при промисловому вирощуванні різних видів сільськогосподарської птиці. Перспективним напрямком подальших досліджень є вивчення механізмів біологічної дії рослинних компонентів препарату «Активіо» (ефірних олій кориці, розмарину, орегано та екстракту перцю чилі) на організм сільськогосподарської птиці.

REFERENCES

- Goran, G., Agnieszka, P.-C., Agnieszka, K.-P. (2023). Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Science of The Total Environment*. Vol. 858, Part 3, pp. 2–28. DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.160014.
- Diak, O. T. (2016). The state and directions of development of enterprises in the poultry industry. *Scientific Bulletin of the LNUVMBT named after S.Z. Gzytsky*. Vol. 18, no. 2 (69), pp. 58–61. DOI:10.15421/nvlvet6910. (in Ukrainian).
- Polehenka, M. A. (2019). Analysis of the current state of poultry production in Ukraine. *Economy and the state*. Vol 3, pp. 137–143. DOI:10.32702/2306-6806.2019.3.137 (in Ukrainian).
- Riabukha, H. (2019). State regulation and forecasting of poultry farming as a promising livestock industry. *Problems and prospects of economics and management*. no. 1 (17), pp. 107–113. DOI:10.25140/2411-5215-2019-1(17)-107-113. (in Ukrainian).
- Patrik, S., Boglárka, H., Nikoletta, S., Valéria, F., László, W., Károly, D., László, P. (2023). Effects of Feeding Low Protein Diets with Different Energy-to-Protein Ratios on Performance, Carcass Characteristics, and Nitrogen Excretion of Broilers. *Animals*. Vol 13, pp. 14–76. DOI:10.3390/ani13091476.
- Kyryliv, B. Ya., Hunchak, A. (2016). Influence of alimentary factors on productivity of hens of the egg direction of productivity. *Scientific Bulletin of the LNUVMBT named after S.Z. Gzytsky*. Vol. 18, no. 2 (67), pp. 28–29. DOI:10.15421/nvlvet6762. (in Ukrainian).
- Werner, O. (2014). Effects on nutrition. *Our poultry industry*. No. 1 (31), pp. 62–63.
- Melnyk, A. Yu., Sakara, V. S., Vovkotrub, N. V., Kharchenko, A. V., Bilyk, B. P. (2021). Metabolic disorders in poultry (review). *Scientific Messenger LNUVMB. Veterinary sciences*. Vol. 23, no. 103, pp. 125–135. DOI:10.32718/nvlvet10317. (in Ukrainian).
- Dieter, L., Ivana, B., Beatrice, G., Claudia, H., Michael, H. (2023). Diagnosis Infectious Diseases in Poultry Requires a Holistic Approach. *A Review Poultry*. Vol. 2, pp. 252–280. DOI:10.3390/poultry2020020.
- Ricke, S. C., Rothrock Jr. M. J. (2019). Gastrointestinal microbiomes of broilers and layer hens in alternative production systems. *Poult. Sci.*, pp. 660–669. DOI:10.1016/j.psj.2019.12.017.
- Wuthijaree, K., Lambertz C., Vearasilp, T., Anusatsananun, V., Gauly, M. (2018). Prevalence of gastrointestinal helminths in Thai indigenous chickens raised under backyard conditions in Northern Thailand. *J. Appl. Poult.*, Vol. 28, pp. 221–229. DOI:10.3382/japr/pfy062.
- Acharya, K., Acharya, N. (2017). Alternatives to fight against coccidiosis. A review. *Nepalese Vet*. Vol. 34, pp. 152–167. DOI:10.3126/nvj.v34i0.22918.
- Ionova, I. A. (2013). Effective feeding of poultry. *Za red. Kyiv*. 208 p. (in Ukrainian).
- Holubiev, M. I. (2011). Linear growth of ducklings with different calcium-phosphorus nutrition. *Modern poultry farming*. No. 10 (107), pp. 18–20. (in Ukrainian).
- Movchan, S. V. (2013). Growth, feed use and slaughter qualities of young ducks at different levels of threonine and tryptophan in feed: author's ref. dis. candidate of agricultural sciences: spec. 06.02.02. *Kyiv*, 22 p. (in Ukrainian).
- Nedashkivska, N. V. (2015). *Produktyvnist, obmin rechovyn ta miasni yakosti kacheniat-broileriv za zghodovuvannia polifunktionalnoho sorbentu: avtoreferat dysertatsii kandydata silskohospodarskykh nauk: 06.02.02. [Productivity, metabolism and meat qualities of broiler ducklings fed with a multifunctional sorbent: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences: 02.06.02.]*. Bila Tserkva, 21 p. (in Ukrainian).
- Soboliev, O. I., Sliusarenko, S.V., Sliusarenko, R. A. (2021). The influence of selenium additives in compound feed on the chemical composition, energy and biological value of ducklings meat. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Agricultural sciences*. Vol. 23, no. 94, pp. 3–8. DOI:10.32718/nvlvet-a9401. (in Ukrainian).
- Hongduo, Bao., Yongqiang, Xue., Yingying, Zhang., Feng, Tu., Ran, Wang., Yu, Cao., Yong, Lin. (2023). Encapsulated Essential Oils Improve the Growth Performance of Meat Ducks by Enhancing Intestinal Morphology, Barrier Function, Antioxidant Capacity and the Cecal Microbiota. *Antioxidants*. Vol. 12, no. 253, pp. 1–14. DOI:10.3390/antiox12020253.
- Kaaviya, A. V., Hridya, P., Diya, P., Abernaa, D. (2023). Cinnamon as a Potential Feed Additive: Beneficial Effects on Poultry Health and Production Performances. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, Vol. 11 (3), pp. 444–461. DOI:10.18006/2023.11(3).444.461.
- Yang, S. S., Chen, X. Y., Su, A. K. (2023). Effect of Dietary Supplementation with Rosemary Complex Powder on the Growth Performance of Native Chickens. *Braz. J. Poult. Sci.*, Vol. 25 (2), pp. 1–8. DOI:10.1590/1806-9061-2022-1672.
- Gülay, D., Mukaddes Merve, Efil., Şule, C., Kerem, A. (2022). An Investigation on the Supplementation of Rosemary Volatile Oil to the Laying Quail Diets. *Ankara Univ Vet Fak Derg*. Vol. 69, pp. 17–23. DOI:10.33988/auvfd.792652.
- Abd- Elsamee, M. O. , Ibrahim, M. R. ,Hassan Mona, M., Ashmawy Eman, S. (2019). Leaves of Moringa, Rosemary and Olive as a Phyto-genic Feed Additives in Muscovy Duck diet. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Vol. 22, no. 1, pp. 1–7. DOI:10.3923/pjbs.2019.1.7.

23. Ali, W. A. H., Ahmed, A. M. H., El-Gabry, Hoda E. (2016). Effects of capsaicin supplementation on productive and physiological performance of pekin ducks during summer season. *Egyptian J. Nutrition and Feeds.*, Vol. 19 (3), pp. 549–561. DOI:10.21608/ejnf.2016.74996.
24. Liu, J. G., Xia, W. G., Chen, W., Abouelezz, K. F. M., Ruan, D., Wang, S., Zhang, Y. N., Huang, X. B., Li, K. C., Zheng, C. T., Deng, J. P. (2021). Effects of capsaicin on laying performance, follicle development, and ovarian antioxidant capacity in aged laying ducks. *Poultry Science*. Vol. 100, no. 4, pp. 1–7. DOI:10.1016/j.psj.2020.11.070.
25. Chaoyue, Ge., Xinyu, L., Lianchi, Wu., Yujie, Lv., Zhaoying, Hu., Dongyou, Yu., Bing, L. (2023). Plant essential oils improve growth performance by increasing antioxidative capacity, enhancing intestinal barrier function, and modulating gut microbiota in Muscovy ducks. *Poultry Science*. Vol. 102, no. 8, pp. 1–13. DOI:10.1016/j.psj.2023.102813.
26. Abouelezz, K., Abou-Hadied, M., Yuan, J., Elokil, A. A., Wang, G., Wang, S., Wang, J., Bian, G. (2019). Nutritional impacts of dietary oregano and Enviva essential oils on the performance, gut microbiota and blood biochemicals of growing ducks. *Animal*. Vol. 13, no. 10, pp. 2216–2222. DOI:10.1017/S1751731119000508.
27. Gadde, U., Kim, W., Oh, S., Lillehoj, HS-JAhr. (2017). Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. *Anim Health Res Rev*. Vol. 18 (1), pp. 26–45. DOI:10.1017/S1466252316000207.
28. Li, Y., Luo, C., Wang, J., Guo, F. J. J. (2017). Effects of different raising systems on growth performance, carcass, and meat quality of medium-growing chickens. *J Appl Anim Res.*, Vol. 45 (1), pp. 326–330. DOI:10.1080/09712119.2016.1190735.
29. Goo, D., Kim, J. H., Park, G. H., Delos Reyes, J. B., Kil, D. Y. J. A. (2019). Effect of heat stress and stocking density on growth performance, breast meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. *Animals*. Vol. 9, no. 3, 107 p. DOI:10.3390/ani9030107.
30. Hassan, F. A., Roushdy, E. M., Zagloul, A. W., Ali, M. A., El-Araby, I. E. J. S. V. R. (2018). Growth performance, carcass traits and economic values of Pekin, Muscovy, and Mulard ducks. *Slov Vet Res*. Vol. 55 (20), pp. 357–365.
31. Nasr, M. A., Abd-Elhamid, T., Hussein, M. A. J. Ms. (2017). Growth performance, carcass characteristics, meat quality and muscle amino-acid profile of different rabbits breeds and their crosses. *Meat sci*. Vol. 134, pp. 150–157. DOI:10.1016/j.meatsci.2017.07.027.
32. Chen, X., Shafer, D., Sifri, M., Lilburn, M., Karcher, D., Cherry, P., Wakenell, P., Fraley, S., Turk, M., Fraley, G. S. (2021). Centennial Review: History and husbandry recommendations for raising Pekin ducks in research or commercial production. *Poultry Science*. Vol. 100, no. 8, pp. 1729–1734. DOI:10.1016/j.psj.2021.101241.
33. Onbasilar, E. E., Yalcin, S. (2018). Fattening performance and meat quality of Pekin ducks under different rearing systems. *World's Poultry Science Journal*, Vol. 74, no. 1, pp. 61–68. DOI:10.1017/S004393391700099X.
34. Chanporn, C., Panneepa, S. (2018). Meat characteristics from four different cutting parts of Cherry Valley duck: MATEC Web of Conferences. 192, pp. 1–4. DOI:10.1051/mateconf/201819203056.
35. Qiao, Y., Huang, J., Chen, Y., Chen, H., Zhao, L., Huang, M., Zhou, G. (2016). Meat quality, fatty acid composition and sensory evaluation of Cherry Valley, Spent Layer and Crossbred ducks. *Animal Science Journal*, Vol. 88, pp. 156–165. DOI:10.1111/asj.12588.

The effectiveness of the biologically active additive «Activio» using when feeding young ducks
Leshchyshyn I., Kyrlyiv Y.

Agricultural poultry has a number of biological features: intensive metabolism and rapid growth, rapid maturity and significant reproductive potential, high body temperature, resistance to many infectious diseases, etc.

The scientific article presents the results of an experimental study of the effect of the biologically active additive Activio, which contains essential oils of cinnamon, rosemary, oregano and chili pepper extract, on the productive qualities of young ducks. To realize the set goal, two experimental groups of ducks were formed: 1st group - Peking ducks, 2nd group - Cherry Valley ducks, which were fed the drug Activio as part of a complete and balanced diet in terms of nutrients and energy, at the rate of 100 g ha 1 t of compound feed. It has been established that the introduction of the drug Activio into the diet of young ducks contributes to the increase in feed consumption, live weight gains and the survival of ducklings, which is primarily due to the fact that the essential oils of cinnamon, rosemary, oregano, chili pepper extract have positive, stimulating biological effects. improve the functioning of the digestive, immune, nervous systems and musculoskeletal system. During the breeding of poultry, an important indicator is the average daily feed consumption, which according to the data of the article in the period from 1 to 7 days was 27.15 g/head/day in the ducks of the first group, and 28.41 g/head/day in the ducks of the second group, and in the period from the 22nd to the 28th day, the value of the average daily feed consumption is 259.36 g/go/day in the first group, and 270.36 g/go/day in the ducks of the second group.

The use of the drug Activio did not have a negative effect on the body of young ducklings and made it possible to realize the genetic potential of the productivity of ducks, which was more clearly expressed in the young ducklings of the Cherry Valley breed, which was obtained on the basis of Peking ducks through in-

depth selection using the paternal line 151 and maternal line 102 and has higher growth energy compared to Peking ducks.

Key words: ducks, Peking breed, Cherry Valley, feed supplement, «Activio», gains, live weight, preservation.



Copyright: Лещинин І.С., Кирилів Я.І. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.






ORCID iD:

Лещинин І.С.

<https://orcid.org/0000-0003-2865-6610>

УДК 636.084/085:636.2/4:546.4

Вплив різнотипових раціонів і сорбентів на накопичення Cd у м'язовій тканині молодняку великої рогатої худоби та свиней

Савчук І. М.¹ , Ковальова С. П.¹ , Ящук І. В.² 

¹ Інститут сільського господарства Полісся НААН України

² Поліський національний університет



E-mail: Савчук І. М. isavchuk.zt@ukr.net; Ковальова С. П. svtlanakovalova2@gmail.com;

Кореспондентний автор – Ящук І. В. inna.yashchuk.9224@gmail.com.



Савчук І. М., Ковальова С. П., Ящук І. В. Вплив різнотипових раціонів і сорбентів на накопичення Cd у м'язовій тканині молодняку великої рогатої худоби та свиней. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 40–50.

Savchuk I., Kovalova S., Yashchuk I. Influence of different diets and sorbents on the accumulation of Cd in the muscle tissue of young cattle and pigs. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 40–50.

Рукопис отримано: 15.09.2023 р.

Прийнято: 29.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-40-50

Розглянуто питання щодо якості і безпечності яловичини та свинини за їх виробництва у зоні Полісся України, постраждалій внаслідок аварії на ЧАЕС. Метою досліджень було оцінити вплив різнотипових раціонів і сорбенту сапоніту на рівень накопичення Кадмію у м'язовій тканині бугайців і свиней за їх утримання на території, яка належить до III зони радіоактивного забруднення.

Проведено два науково-господарські досліді. При вирощуванні бугайців української чорно-рябої молочної породи вивчали вплив різних силосів (4-х компонентна злаково-бобова суміш і силос із пайзи) на вміст Cd у найдовшому м'язі спини (дослід 1), а також проводили оптимізацію протеїнового живлення тварин за рахунок різноманітних кормів з високим вмістом білків (люпин вузьколистий і кормові боби) (дослід 2). У досліді 3 молодняку свиней у складі раціону згодовували різну кількість природного мінералу сапоніту і вивчали його вплив на екологічну якість продукції.

Оскільки за годівлі тварин використовували різні види та кількість кормових компонентів, обов'язково здійснювали балансування раціонів за вмістом поживних речовин для кожної із представлених груп. Регулювання та перевірка поживної цінності нормованої годівлі проводилися щомісяця. При зміні раціонів для тварин враховували їх прирости, живу масу, зоотехнічний аналіз кормів, поживну цінність та норми годівлі.

Пробопідготовку кормів та м'язів проводили згідно із ДСТУ 7670:2014 за допомогою сухої мінералізації, концентрацію токсиканта визначали атомно-абсорбційним методом. Коефіцієнти переходу Cd у ланцюгу «раціон – м'язова тканина» у цьому дослідженні перебувають у межах встановлених нормативів. Водночас згодовування силосу із пайзи, порівняно із злаково-бобовим силосом, сприяло зниженню коефіцієнта переходу Cd у м'язову тканину бугайців на 0,68 % (абсолютних). Введення до складу зерносуміші 30 % (за масою) кормових бобів замість аналогічної кількості люпину для молодняку великої рогатої худоби (ВРХ) за його відгодівлі на території радіоактивного забруднення (III зона) сприяло значно меншому нагромадженню і переходу Cd у м'язову тканину тварин — на 25,0 % і 0,71 % (абсолютних), відповідно. Включення свиням на вирощуванні й відгодівлі природного мінералу сапоніту у кількості 3–7 % за масою концентрованих кормів у раціоні дало змогу зменшити вміст Cd у найдовшому м'язі спини на 21,8–37,9 %, тимчасом кращою за показником сорбційної ефективності для виведення Cd виявилася доза сапоніту 7 %.

Ключові слова: бугайці, свині, живлення, різнотипові раціони, сапоніт, накопичення, Cd.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Значні темпи розвитку та вдосконалення галузі сільського господарства негативно впливають на навколишнє природне середовище, оскільки існує використання значної кількості різних забруднювачів. Внаслідок вибуху на Чорнобильській атомній електростанції було забруднено штучними радіоактивними ізотопами значні площі північної частини України, у тому числі Житомирської області. За останні роки майже не здійснювалися заходи для зменшення переходу ізотопів ^{137}Cs і ^{90}Sr до сільськогосподарських продуктів та сировини. Проте, незважаючи на давність зазначеної техногенної катастрофи, проведення контролю накопичення токсичних речовин у продукції тваринництва та рослинництва, прогнозування процесів їх міграції у природних екосистемах мають стояти на провідному місці [1, 2].

Також важливим питанням є перевищення допустимих рівнів важких металів у ґрунтах та сільськогосподарській продукції. Солі важких металів дуже шкідливі та токсичні для живих організмів. Ці сполуки мають здатність мігрувати ланцюгами живлення та негативно впливати на здоров'я людей, тварин, птиці [3, 4, 5]. Проте при наявності невеликої кількості сполук важких металів у водних об'єктах, ґрунтах та кормових культурах, вони виступають у якості необхідних мікроелементів та є вкрай необхідними для нормального функціонування організмів [6, 7, 8].

Ступені небезпечності впливу важких металів на організм людини чи тварини значно різняться. Найбільшу небезпеку несуть такі токсичні елементи, як Hg, F, Zn, As, Pb, Cd, Se [5].

Кадмій – один із найбільш токсичних важких металів, його відносять до другого класу небезпеки – високонебезпечних речовин [9, 10]. Як і більшість інших важких металів, Cd має здатність накопичуватися в організмі, його середні показники періоду напіввиведення сягають позначки 22,5 років [11]. У разі нагромадження значної кількості кадмію в організмі як людини, так і тварини, відбуваються патологічні перетворення окремих тканин та збій роботи систем життєзабезпечення живого організму. Найбільшої шкоди зазнають кісткові тканини, органи видільної та дихальної систем, залози внутрішньої секреції та репродуктивні органи, відбувається зниження процесу еритропоезу [12]. Кадмієвмісні сполуки варто вважати суттєвою загрозою для імунної системи, оскільки вони здатні пригнічувати резистентність організму до різних патологій (алергічних, аутоімунних, онкологічних тощо) [13, 14].

Особливістю біологічної дії Cd є здатність негативно впливати на здоров'я тварин при тривалому впливі низьких рівнів забруднення через високий коефіцієнт біологічної кумуляції (до 40 років) [15].

Надходження великих концентрацій важких металів у ґрунтові зразки призводить до накопичення забруднювачів у орних землях і ставить під загрозу отримання продуктів високої якості [16]. Деякі сільськогосподарські культури здатні накопичити значну кількість важких металів у своїй структурі [17]. Вченими встановлено, що за використання для годівлі тварин кормів, вирощених на територіях з високим рівнем промислового виробництва, концентрація Pb і Cd у продуктах забою таких тварин значно зростає. За результатами досліджень багатьох вчених відомо, що годівля тварин забрудненими кормами є основним шляхом потрапляння важких металів до їх організму. Експериментальні дані доводять можливість переходу майже 99 % усіх шкідливих сполук саме з кормами [18, 19].

Токсична дія важких металів характеризується широким спектром впливу, оскільки негативні зміни відбуваються у всьому організмі [20, 21, 22]. Необхідно звертати значну увагу на системи ведення галузей тваринництва та птахівництва на територіях із високим умістом забруднювачів. Формування виробничих процесів з дотриманням усіх санітарно-гігієнічних норм дає можливість у подальшому отримати безпечну високоякісну продукцію.

Тому доволі актуальним є дослідження застосування різних типів годівлі для визначення оптимальної системи вирощування тварин у зонах з високим рівнем забруднення важкими металами.

Мета дослідження – визначити показники концентрації та переходу Cd у найдовший м'яз спини бугайців і свиней за включення у їх раціони різних силосів, високобілкових кормів та використання природного мінералу-сорбенту сапоніту.

Матеріал і методи дослідження. Для проведення досліджень використали бугайців української чорно-рябої молочної породи, які утримувалися в умовах фізіологічного двору Інституту сільського господарства Полісся НААН. Для точності експериментів сформували дві окремі групи, які утримувалися на прив'язі. Формували групи згідно з методичними положеннями І. І. Ібатулліна і О. М. Жуковського за методом збалансованих груп [23]. Відбір та порівняння тварин для постановки на дослід тривав 45 діб. Після завершення порівняльного періоду до кожної групи

піддослідних тварин відібрали по 8 бугайців з аналогічними показниками. Дослід 1 і 2 проведено в с. Грозине Коростенського району Житомирської області, яке належить до території зі щільністю радіоактивного забруднення до 185 кБк/м² (III зона). Тривалість дослідного періоду – 187 діб.

Годівля піддослідних бугайців проводилася дворазово (вранці та ввечері). У тварин упродовж доби був вільний доступ до автоматичних поїлок з водою.

Згідно з основною схемою дослідження, під час проведення 1 досліді, бугайцям великої рогатої худоби контрольної групи згодовували господарський раціон, до складу якого входили 4-компонентний злаково-бобовий силос (овес + пелюшка + люпин вузьколистий + вика яра), сіно конюшини, солома вівсяна, зерноsumіш та сіль кухонна. Дослідній групі – силос зі злаково-бобової суміші замінили на силос із пайзи.

Згідно із запланованими етапами 2 досліді, бугайці I групи споживали господарський раціон, основними компонентами якого виступали силос кукурудзяний, сіно злакове, сіль кухонна та зерноsumіш № 1. Своєю чергою, для тварин II групи, підготували зерноsumіш № 2, яка використовувалася як досліджуваний компонент раціону цієї групи. Основними компонентами зерноsumіші № 1 для годівлі піддослідних тварин виступають концентрати (зернові) власного виробництва, які вирощували на радіоактивно забруднених територіях (% за масою): пшениця – 50, люпин – 30, овес – 20. До складу зерноsumіші № 2 входили аналогічна кількість пшениці і вівса, однак, замість люпину вузьколистого використовували «умовно чисті» кормові боби, вирощені на полях ДПДГ «Нова Перемога» Інституту сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук України.

Перед початком 3 досліді відібрали 28 голів молодняку свиней великої білої породи. Всі маніпуляції для формування груп-аналогів тривали 18 діб. Після завершення порівняльного періоду для проведення 3 науково-виробничого досліді сформували 4 групи тварин. У складі кожної з цих груп було по 7 тварин-аналогів.

Дерть ячмінна, пшенична та горохова, буряки кормові, крейда та кухонна сіль – це корми основного раціону для свиней контрольної групи. Молодняку дослідних груп (II, III, IV) до основного раціону додавали природний мінерал сапоніт у кількості 3 %, 5 % та 7 % за масою концентрованих кормів, відповідно. Тваринам протягом 185 діб згодовували корми досліджуваних раціонів. Добову норму корму

для молодняку свиней розподіляли на 2 годівлі. У клітках для утримання піддослідних свиней використовували окремі металеві корита з водою для їх напування.

Раціони, сформовані згідно з сучасними деталізованими нормами годівлі та урахуванням фактичного хімічного складу і поживної цінності кормів, цілком забезпечують організм тварин енергією та дають можливість повністю розкрити генетичний потенціал щодо їх продуктивності [24].

Після завершення досліді провели контрольний забій тварин (по 3 голови з кожної групи) та відібрали зразки продукції для визначення вмісту важких металів.

Лабораторні дослідження з визначення вмісту кадмію у кормах та продуктах забою піддослідних тварин проводили у лабораторії екологічної безпеки земель, довкілля та якості продукції Житомирської філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України». Усі дослідження були виконані згідно з чинними нормативними документами.

Підготовку зразків рослинного та тваринного походження для визначення у їх складі Cd здійснювали методом сухої мінералізації, згідно з ДСТУ 7670:2014 [25]. Визначення концентрації токсиканта проводили атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрометрі «Квант 2А» [26].

Коефіцієнти переходу (КП) Cd в ланцюгу «раціон – м'язова тканина» визначали за формулою: $KП = \frac{Ввмп}{Ввмр} \cdot X \cdot 100$, де КП – коефіцієнт переходу; Ввмп – вміст Cd у продукції тварин, мг/кг; Ввмр – вміст Cd у добовому раціоні, мг [16]. Цей коефіцієнт є відносним інтегрованим показником, котрий у % відображає міграцію важких металів із раціону у продукцію, що унеможливорює порівняльну оцінку переходу поллютантів за використання різних кормів і доз сапоніту для годівлі тварин.

Усі експериментальні маніпуляції з тваринами проводилися згідно з прийнятими положеннями Європейської конвенції про захист хребетних тварин [27].

Результати дослідження та обговорення. За потрапляння небезпечних важких металів разом із їжею (кормом) до організму людини чи тварини, його накопичення відбувається у певних органах та тканинах, що утруднює виведення шкідливих речовин з організму. Тому навіть за використання кормових засобів, вирощених на відносно чистих територіях, не гарантує 100 % відсутності негативних впливів шкідливих сполук на сільськогосподарських тварин [28].

Проаналізувавши дані проведеного дослідження, визначили, що корми, які застосували при відгодівлі бугайців упродовж проведення експериментів 1 і 2, відповідали нормативній документації за вмістом Cd (рис. 1). Так, найвищий показник концентрації Cd визначили у силосі із пайзи, який коливався в межах 0,041 мг/кг, тоді як у кукурудзяному та 4-компонентному силосі зі злаково-бобових культур цей показник дещо менший – 0,038 мг/кг та 0,032 мг/кг, відповідно, що значно нижче гранично допустимої концентрації (0,3 мг/кг). Найменшим же вмістом Cd із досліджених кормів вирізняються зерносуміші № 1 і № 2 (0,022–0,024 мг/кг).

За значного забруднення сільськогосподарських земель важкими металами, визначення їх вмісту у м'язі тварин, котрі вирощуються на такій території, є одним із найважливіших показників якості та безпечності цього продукту. Користуючись чинною нормативною документацією щодо якості продовольчої сировини і харчових продуктів, концентрація Cd у м'язі повинна перебувати у межах 0,05 мг/кг (ГДК) [29].

Додавання до основного раціону годівлі піддослідних бугайців різних силосів і високобілкових кормів супроводжувалось перерозподілом рівня Cd у найдовшому м'язі спини тварин (табл. 1).

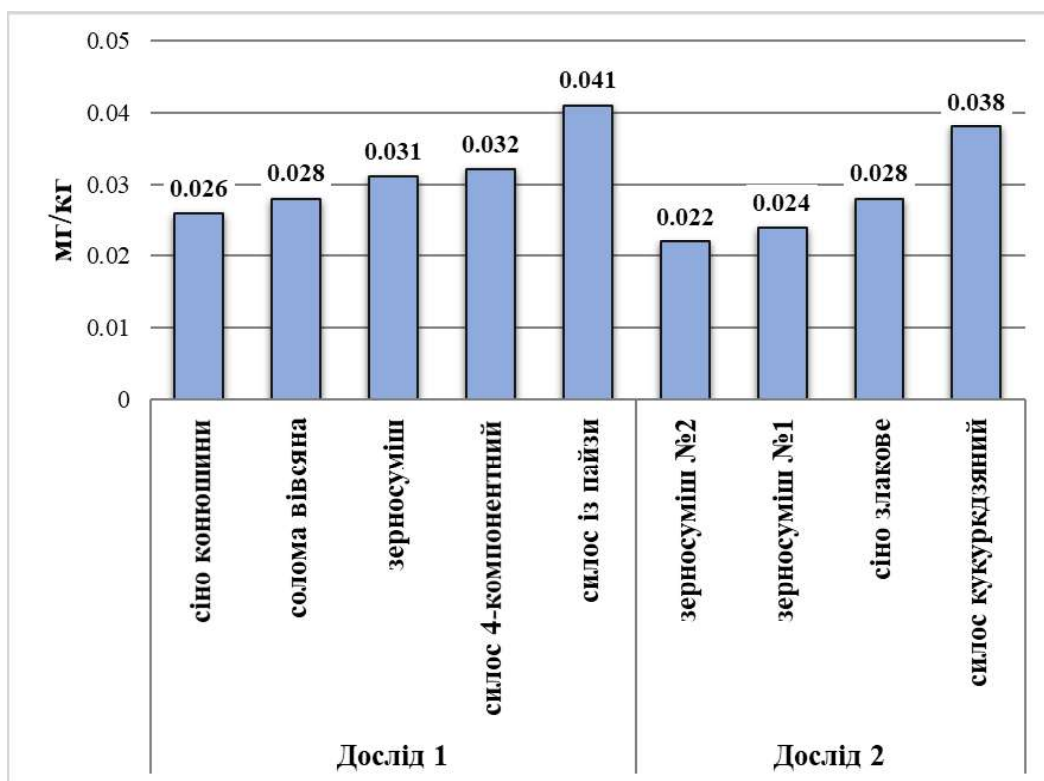


Рис. 1. Уміст Cd у кормах, мг/кг натурального корму (досліди 1 і 2).

Таблиця 1 – Концентрація Cd у раціонах і найдовшому м'язі спини бугайців

№ досліду	Групи	Уміст Cd			
		середньо-добовий раціон, мг	продукція, мг/кг	± до контрольної	
				мг/кг	%
1	Контрольна (I)	0,773	0,037±0,002	-	-
	Дослідна (II)	0,949	0,039±0,002	+0,002	+5,4
2	Контрольна (I)	0,837	0,024±0,005	-	-
	Дослідна (II)	0,832	0,018±0,003	-0,006	-25,0
Гранично допустима концентрація		-	0,05	-	-

За результатами дослідів 1 можна констатувати, що концентрація Cd у м'язовій тканині задіяних у досліді тварин була меншою за ГДК і становила 0,037–0,039 мг/кг. Водночас за результатами годівлі бугайців обох піддослідних груп встановили, що за включення до основного раціону силосу із пайзи, показники накопичення Cd у найдовшому м'язі спини зросли на 0,002 мг/кг за неістотної міжгрупової різниці ($P > 0,05$).

Кількість Cd, що надходила до організму піддослідних тварин за використання при їх відгодівлі різних зерноsumішей (дослід 2), становила 0,832–0,837 мг/добу. Рівень забруднення найдовшого м'язу спини бугайців Cd не перевищував гранично допустимої концентрації. Так, цей показник у м'язовій тканині бугайців I та II груп перебував у межах 0,018–0,024 мг/кг, який нижче відповідних нормативних вимог на 52,0–64,0 %. Важливо звернути увагу, що концентрації Cd у м'язовій тканині тварин II (дослідної) групи найменша і становить лише 0,018 мг/кг.

Коефіцієнти переходу Cd із раціонів у найдовший м'яз спини бугайців при проведенні 1 та 2 експериментів коливалися в межах 4,11–4,79 % та 2,16–2,87 %, відповідно (рис. 2).

За використання різних силосів (дослід 1) перехід Cd в м'язову тканину виявився меншим на 0,68 % (абсолютних) у тварин дослідної групи, порівняно з контролем. За оптимізації протеїнового живлення молодняку ВРХ (дослід 2), коефіцієнти переходу Cd в яловичину (найдовший м'яз) були незначними –

2,16–2,87 %. Для бугайців дослідної групи за включення до рецептури зерноsumіші кормових бобів, зниження переходу Cd у м'язову тканину склало 0,71 % (абсолютних), порівняно з контролем.

При проведенні спектрометричних досліджень кормів на вміст Cd у досліді 3 встановлено, що найбільша кількість елемента міститься у природному мінералі сапоніті – 0,280 мг/кг, що становить 93,3 % від ГДК (рис. 3). В інших досліджених кормах концентрація Cd коливалася у межах від 0,028 мг/кг (буряк кормовий) до 0,139 мг/кг (дербт пшенична).

За результатами досліджень з використання різних доз сапоніту в раціонах молодняку свиней можна констатувати, що концентрація Cd у м'язовій тканині тварин варіювала у широкому діапазоні значень: 0,077–0,124 мг/кг (табл. 2). Встановлена тенденція щодо зниження вмісту Cd у найдовшому м'язі спини, залежно від дози природного мінералу-сорбенту в складі раціонів відгодівельних свиней – у м'язовій тканині тварин II, III та IV (дослідних) груп, відносно I (контрольної) групи концентрація елемента була меншою на 0,037 мг/кг (29,8 %), 0,027 (21,8) та на 0,047 мг/кг (37,9 %), відповідно.

Коефіцієнти переходу Cd у свинину (найдовший м'яз) були доволі високими – 25,2–47,0 % (рис. 4). За введення до складу кормових раціонів молодняку свиней різних доз сапоніту перехід Cd у найдовший м'яз спини зменшується в середньому на 14,0–21,8 % (абсолютних), порівняно з контролем.

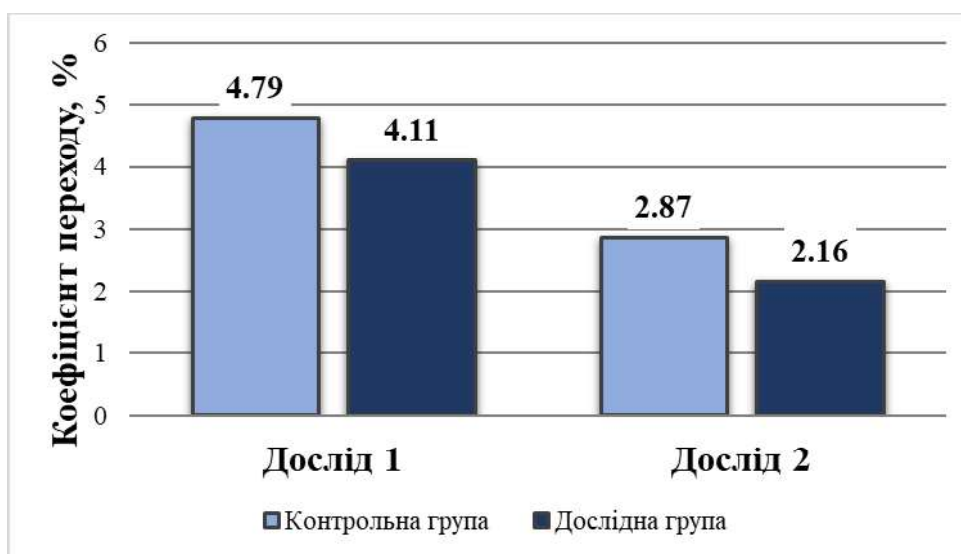


Рис. 2. Коефіцієнти переходу Cd у найдовший м'яз спини бугайців (досліди 1 і 2).

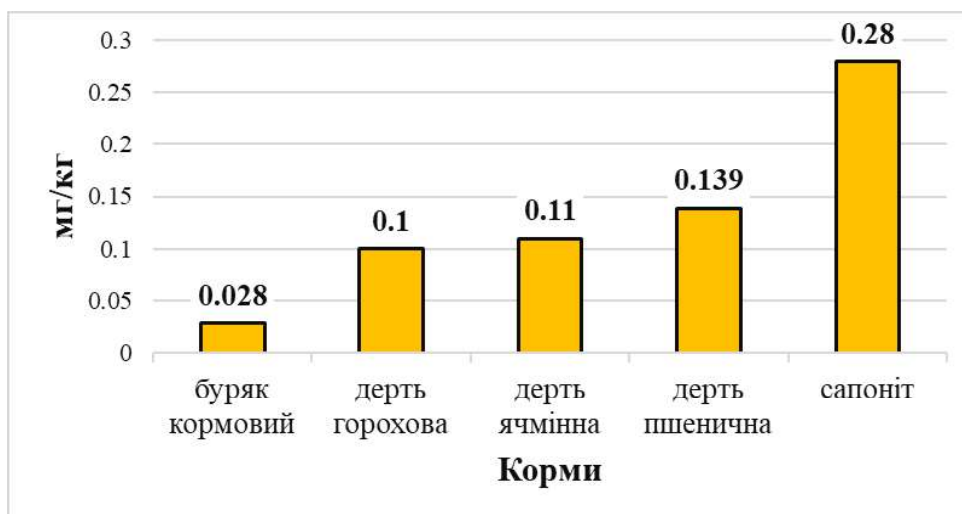


Рис. 3. Концентрація Cd у кормах, мг/кг натурального корму (дослід 3).

Таблиця 2 – Концентрація Cd у кормових раціонах і м’язовій тканині свиней (дослід 3)

Групи свиней	Концентрація Cd			
	середньодобовий раціон, мг	продукція, мг/кг	± до контролю	
			мг/кг	%
Контрольна (I)	0,264	0,124±0,037	-	-
Дослідна (II)	0,282	0,087±0,020	-0,037	-29,8
Дослідна (III)	0,294	0,097±0,024	-0,027	-21,8
Дослідна (IV)	0,306	0,077±0,013	-0,047	-37,9
Гранично допустима концентрація	-	0,05	-	-

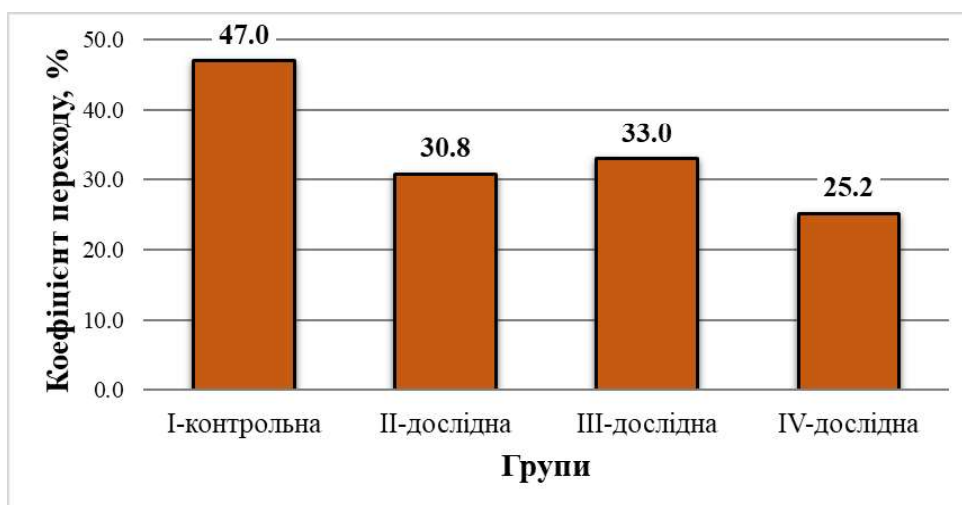


Рис. 4. Коефіцієнти переходу Cd у м’язову тканину свиней (дослід 3).

Підсумовуючи викладене, можна зробити висновок, що для зниження накопичення Cd у м'язовій тканині молодняку свиней слід включати до їх раціону певну кількість природних сорбентів, в окремому випадку – мінерал сапоніт. Так, застосувавши у годівлі тварин IV групи цього абсорбенту в кількості 7 % (за масою концентратів у раціоні), спромоглися знизити рівень Cd у найдовшому м'язі спини на понад 37 %.

На території Полісся України організація повноцінної годівлі є важливим аспектом створення прибуткового господарства, оскільки дефіцит поживних речовин у раціонах сільськогосподарських тварин стимулює накопичення ксенобіотиків у молоці та м'ясі. Нормована і повноцінна годівля тварин дає змогу мінімізувати токсичну дію таких шкідливих речовин, як важкі метали, знижуючи їх коефіцієнти переходу через збільшення виведення з організму [30]. Одна з найважливіших проблем галузі тваринництва господарств III зони радіаційного забруднення – це забезпечення тварин необхідною кількістю повноцінного перетравного протеїну.

За даними попередніх досліджень [31], застосування для бугайців силосно-концентратно-коренеплідного та силосно-концентратно-сінного типів раціонів дало можливість знизити рівень накопичення Cd у м'язовій тканині на 34,1–66,7 %, порівняно з силосно-концентратною годівлею, у печінці – на 15,3–46,6 %, що підтверджує результати наших досліджень про вплив різних типів годівлі і кормів для молодняку ВРХ щодо зниження вмісту Cd у їх продукції.

Застосування сорбентів природного походження у годівлі тварин збільшує їх продуктивність. За результатами досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених та практиків встановлено, що використання різних адсорбентів дає змогу зменшити кормові затрати та збільшити ефективність виробництва продукції тваринництва. Фізико-хімічна здатність глиноземів зв'язувати токсичні речовини завдяки їх високій сорбційній здатності є важливим фактором підвищення біологічної повноцінності кормів за згодовування їх тваринам [18, 32, 33]. Природні мінерали зменшують трансформацію радіонуклідів і важких металів з кормів до організму тварини за рахунок дії двох механізмів. Перший механізм – транзитне проходження токсичних речовин через організм, при цьому мінерали не задіюються в процесі обміну речовин, бо мають високі іонообмінні та сорбційні властивості. Другий механізм – це здатність мінералів нормалізувати мінеральний обмін [34].

Висновки. Застосування експериментального силосу із пайзи за відгодівлі бугайців справило негативний вплив на продукцію – погіршилася екологічна якість м'язової тканини бугайців дослідної групи, оскільки концентрація Cd на 5,4 % перевищувала показники контрольної групи. Водночас коефіцієнт переходу Cd в найдовший м'яз спини тварин II групи, відносно аналогів I групи, виявився нижчим 0,68 % (абсолютних).

Оптимізація протеїнового живлення тварин за рахунок «умовно чистих» кормових бобів, порівняно з люпином вузьколистим («забрудненим»), сприяла зниженню концентрації та переходу Cd у м'язову тканину бугайців – на 25,0 % та 0,71 % (абсолютних), відповідно.

Використання сапоніту як адсорбента за відгодівлі молодняку свиней на території III зони радіоактивного забруднення в кількості 3–7 % (за масою) концентрованих кормів у раціоні справило позитивний вплив на екологічну якість продукції – нагромадження Cd у м'язовій тканині тварин дослідних груп відносно контролю було меншим на 21,8–37,9 %, водночас кращою за показником сорбційної ефективності для виведення Cd виявилася доза сорбенту 7 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ландін В. П., Чоботько Г. М., Кучма М. Д., Райчук Л. А. Подолання наслідків чорнобильської катастрофи в агросфері України. Агроекологічний журнал. 2017. № 2. С. 67–75. DOI:10.33730/2077-4893.2.2017.220155.
2. Quality of life of the population resident at the radioactively contaminated area in Zhytomyr Region / L. D. Romanchuk et al. Ukrainian Journal of Ecology. 2019. Vol. 9. No 4. P. 478–485. DOI:10.15421/2019_778•Corpus ID:210900064.
3. Малюк Л. П., Селютіна Г. А., Летута Т. М., Щербаківа Т. В. Токсичні речовини в харчових продуктах і методи їх визначення: навч. посібник у структурно-логічних схемах / А. А. Дубініна та ін. Харків: ХДУХТ, 2016. 106 с.
4. Cadmium exposure and the risk of breast cancer in Chaoshan population of southeast China / L. Peng et al. Environmental Science and Pollution Research. 2015. Vol. 22. No 24. P. 19870–19878. DOI:10.1007/s11356-015-5212-1.
5. Духницький В. Б., Хмельницький Г. О., Бойко Г. В., Іщенко В. Д. (2022). Ветеринарна мікотоксикологія. К.: Видавничий центр Національного університету біоресурсів і природокористування України, 413 с.
6. Blood cadmium burden and the risk of nasopharyngeal carcinoma: a case-control study in Chinese Chaoshan population / L. Peng et al. Environmental Science and Pollution Research. 2015. Vol. 22. No 16. P. 12323–12331. DOI: 10.1007/s11356-015-4533-4.

7. Martyshuk T. V., Gutyi B. V., Vishchur O. I., Todoruk V. B. Biochemical indices of piglets blood under the action of feed additive «Butaselmavit-plus». *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 2. No 2. P. 27–30. DOI:10.32718/ujvas2-2.06.
8. Zinko H. Immune status of calves sick with gastroenteritis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences*. 2017. Vol. 19. No 82. P. 61–65. DOI:10.15421/nvlvet8213.
9. Лавришин Ю. Ю., Гутий Б. В. Рівень вітамінів у крові бугайців за експериментального хронічного кадмієвого токсикозу. *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин*. 2019. Вип. 20. № 2. С. 317–323. DOI:10.36359/scivp.2019-20-2.41.
10. Lavryshyn Y., Gutij B., Palyadichuk O., Vishchur V. Morphological blood indices of bulls in experimental chronic cadmium toxicosis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences*. 2018. Vol. 20. No 88. P. 108–114. DOI:10.32718/nvlvet8820.
11. The effect of cadmium loading on the activity of the enzyme link of the glutathione system of bull organism / Y. Lavryshyn et al. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences*. 2019. Vol. 21. No. 95. P. 107–111. DOI:10.32718/nvlvet9520.
12. Prooxidant-antioxidant balance in the organism of bulls (young cattle) after using cadmium load / B. Gutij et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7. No. 4. P. 589–596. DOI:10.15421/2017_165.
13. Ostapjuk A. Y., Gutij B. V. Influence of milk thistle, methifene and sylimevit on the morphological parameters of laying hens in experimental chronic cadmium toxicosis. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Science*. 2020. Vol. 3. No 1. P. 42–46. DOI:10.32718/ujvas3-1.08.
14. Лавришин Ю. Ю., Гутий Б. В. Імунний статус організму бугайців за умови експериментального хронічного кадмієвого токсикозу. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. № 2. С. 244–251. DOI:10.31210/visnyk2020.02.31.
15. Лавришин Ю. Ю., Гутий Б. В. Протеїнсинтезувальна функція печінки бугайців за експериментального хронічного кадмієвого токсикозу. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Ветеринарні науки*. 2019. Т. 21. № 94. С. 92–96. DOI:10.32718/nvlvet9417.
16. Маменко О. М., Портяник С. В. Вплив типів годівлі корів на вміст важких металів у молоці. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Сільськогосподарські науки*. 2019. Т. 21. № 90. С. 38–48. DOI:10.32718/nvlvet-a9007.
17. Буцяк В. І., Буцяк А. А. Міграція важких металів у системі «грунт-рослина-корм» у локальній зоні техногенного навантаження. *Агробіологія та екологія*. 2014. Т. 4. № 1. С. 74–79.
18. Burlaka V., Lavrenyuk, O. Accumulative heavy metals in internal organs of pigs with inclusion of sorbents in conditions of the long duration of their receipt. *Biodiversity after the Chernobyl accident*. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra. 2016. Part II. P. 34–40.
19. Evaluation of concentration of heavy metals in animal rearing system / M. Heina et al. *Italian Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 18. No 1. P. 1372–1384. DOI:10.1080/1828051X.2019.1642806.
20. Жукорський О. М., Семенов С. О., Семенов С. С. Вплив важких металів у раціонах на рівень їх накопичення в органах і тканинах забійних свиней, продуктивність та екскрецію аміачного азоту. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 12. С. 40–45. DOI:10.31073/agrovisnyk201812-06.
21. Accumulation and detoxification of metals and arsenic in tissues of cattle (*Bos Taurus*), and the risks for human consumption / S. Roggeman et al. *Science of The Total Environment*. 2014. Vol. 466–467. No 1. P. 175–184. DOI:10.1016/j.scitotenv.2013.07/007.
22. Hashemi S. Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018. Vol. 154. No. 15. P. 263–267. DOI:10.1016/j.ecoenv.2018.02.058.
23. Ібатуллін І. І., Жукорський О. М. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: посібник. Київ: Аграрна наука, 2017. 328 с.
24. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин / за наук. ред. І. І. Ібатулліна і О. М. Жукорського. Київ: Аграрна наука, 2016. 336 с.
25. ДСТУ 7670:2014. Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних елементів. [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 18 с.
26. ГОСТ 30178-96. Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів. [Чинний від 2002-01-01]. 19 с. URL:http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76401.
27. Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей: конвенція. Міжнародний документ від 18.03.1986. База даних «Законодавство України». Рада Європи. URL:http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_137.
28. Toxic metal implications on agricultural soils, plants, animals, aquatic life and human health / U. Okereafor et al. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020 Vol. 17. No 7. 2204 p. DOI:10.3390/ijerph 17072204.
29. Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах»: наказ Міністерства охорони здоров'я України № 368 від 13.05.2013 р. База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13#Text> (дата звернення: 24.07.2023).
30. Савченко Ю. І., Савчук І. М., Савченко М. Г., Карпюк Н. А. Радіоекологічна оцінка раціонів при виробництві яловичини: монографія. Житомир: ПП «Рута», 2017. 160 с.

31. Safety of livestock products of bulls on various diets during fattening in the conditions of radioactive contamination / I. Savchuk et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021. Vol. 12. No 1. P. 86–91. DOI:10.15421/022113.

32. Subramaniam M. D., Kim I. H. Clays as dietary supplements for swine: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2015. Vol. 6. No. 1. 38 p. DOI:10.1186/s40104-015-0037-9.

33. Батуревич О. О. Ефективність використання мінералів природного походження в раціоні самиць коропи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 132–138. DOI:10.31210/visnyk2019.03.17.

34. Calorimetric determination of the enthalpy of formation of natural saponite / L. Ogorodova et al. *Geochemistry International*. 2015. Vol. 53. P. 617–623. DOI:10.1134/S0016702915070071.

REFERENCES

1. Landin, V., Chobotko, G., Kuchma, M., Raychuk, L., (2017). Podolannia naslidkiv chornobylskoi katastrofy v ahrosferi Ukrainy [Overcoming the consequences of the Chernobyl disaster in the agricultural sector of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal [Agroecological journal]*, no. 2, pp. 67–75. DOI:10.33730/2077-4893.2.2017. (in Ukrainian).

2. Romanchuk, L. D., Herasymchuk, L. O., Kovalyova, S. P., Kovalchuk, Yu. V., Lopatyuk, O. V., (2019). Quality of life of the population resident at the radioactively contaminated area in Zhytomyr Region. *Ukrainian Journal of Ecology*, Vol. 9, no. 4, pp. 478–485. DOI:10.15421/2019_778+Corpus ID:210900064.

3. Dubinina, A. A., Maliuk, L. P., Seliutina, H. A., Letuta, T. M., Shcherbakova, T. V. (2016). Toksychni rechovyny v harchovyh produktah i metody ih vyznachennja: navch. posibnyk u strukturno-logichnyh shemah [Toxic substances in food products and methods of their determination: education. a guide to structural and logical schemes]. Kharkiv: Kharkiv State University of Food Technology and Trade, 106 p. (in Ukrainian).

4. Peng, L., Huang, Y., Zhang, J., Peng, Y., Lin, X., Wu, K., Hu, X., (2015). Cadmium exposure and the risk of breast cancer in Chaoshan population of southeast China. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 22, no. 24, pp. 19870–19878. DOI:10.1007/s11356-015-5212-1.

5. Dukhnytskyi, V. B., Khmelnytskyi, H. O., Boiko, H. V., Ishchenko, V. D. (2022). *Veterynarna mikotoksykologhiia [Veterinary Mycotoxicology]*. K.: Publishing Center of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 413 p. (in Ukrainian).

6. Peng, L., Wang, X., Huo, X., Xu, X., Lin, K., Zhang, J., Huang, Y., Wu, K. (2015). Blood cadmium burden and the risk of nasopharyngeal carcinoma: a case-control study in Chinese Chaoshan population. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 22, no. 16, pp. 12323–12331. DOI:10.1007/s11356-015-4533-4.

7. Martyshuk, T. V., Gutyi, B. V., Vishchur, O. I., Todoriuk, V. B., (2019). Biochemical indices of piglets blood under the action of feedadditive

«Butaselmavit-plus». *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, Vol. 2, no. 2, pp. 27–30. DOI:10.32718/ujvas2-2.06.

8. Zinko, H. (2017). Immune status of calves sick with gastroenteritis. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences*, Vol. 19, no. 82, pp. 61–65. DOI:10.15421/nvlvet8213.

9. Lavryshyn, Y. Y., Gutyj, B. V. (2019). Levels of vitamins in blood of young bulls by experimental chronic cardium toxicosis. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, Issue 20, no. 2, pp. 317–323. DOI:10.36359/scivp.2019-20-2.41.

10. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Palyadichuk, O., Vishchur, V., (2018). Morphological blood indices of bulls in experimental chronic cadmium toxicosis. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences*, Vol. 20, no. 88, pp. 108–114. DOI:10.32718/nvlvet8820.

11. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., Paziuk, I., Levkivska, N., Romanovych, M., Drach, M., Lisnyak, O., (2019). The effect of cadmium loading on the activity of the enzyme link of the glutathione system of bull organism. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences*, Vol. 21, no. 95, pp. 107–111. DOI:10.32718/nvlvet9520.

12. Gutyj, B., Stybel, V., Darmohray, L., Lavryshyn, Y., Turko, I., Hachak, Y., Shcherbatyy, A., Bushueva, I., Parchenko, V., Kaplaushenko, A., Krushelnytska, O. (2017). Prooxidant-antioxidant balance in the organism of bulls (young cattle) after using cadmium load. *Ukrainian Journal of Ecology*, Vol. 7, no. 4, pp. 589–596. DOI:10.15421/2017_165.

13. Ostapyuk, A. Y., Gutyj, B. V., (2020). Influence of milk thistle, methifene and sylimevit on the morphological parameters of laying hens in experimental chronic cadmium toxicosis. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Science*, Vol. 3, no. 1, pp. 42–46. DOI:10.32718/ujvas3-1.08.

14. Lavryshyn, Y. Y., Gutyj, B. V. (2020). Imunnyj status organizmu bugajciv za umovy eksperymental'nogo hronichnogo kadmijevogo toksykozu [Immune status of bull calves' organism in case of experimental chronic cadmium toxicosis]. *Scientific Progress & Innovations*, no. 2, pp. 244–251. DOI:10.31210/visnyk2020.02.31 (in Ukrainian).

15. Lavryshyn, Y., Gutyj, B., (2019). Protei'nsyn-tezuval'na funkciya pechinky bugajciv za eksperymental'nogo hronichnogo kadmijevogo toksykozu [Protein synthesise function of bulls liver at experimental chronic cadmium toxicity]. *Naukovyj visnyk LNU-VMB imeni S.Z. Gzhyc'kogo [Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzytsky]*. *Veterynarni nauky [Veterinary Sciences]*, Vol. 21, no. 94, pp. 92–96. DOI:10.32718/nvlvet9417. (in Ukrainian).

16. Mamenko, O., Portiannik, S., (2019). Vplyv typiv godivli koriv na vmist vazhkyh metaliv u molo-ci [Influence of feeding types of cows on the content

- of heavy metals in milk]. *Naukovyj visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhyč'kogo* [Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzhyč'ky]. *Sil's'kogospodars'ki nauky* [Agricultural Sciences], Vol. 21, no. 90, pp. 37–48. DOI:10.32718/nvlvet-a9007. (in Ukrainian).
17. Butsjak, A. A., Butsjak V. I. (2014). *Mihratsiia vazhkykh metaliv u systemi «hrunt-roslyna-korm» u lokalnii zoni tekhnogenoho navantazhennia* [Migration of heavy metals in the soil-plant-food system in the local zone of technogenic load]. *Journal Agrobiology and Environmentology*, Vol. 4, no. 1, pp. 74–79. (in Ukrainian).
18. Burlaka, V., Lavrenyuk, O. (2016). *Accumulative heavy metals in internal organs of pigs with inclusion of sorbents in conditions of the long duration of their receipt. Biodiversity after the Chernobyl accident*. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, Part II, pp. 34–40.
19. Heina, M., Moscatelli, A., Onelli, E., Bal-di, A., Pilu, S., Rossi, L., (2019). *Evaluation of concentration of heavy metals in animal rearing system*. *Italian Journal of Animal Science*, Vol. 18, no. 1, pp. 1372–1384. DOI:10.1080/1828051X.2019.1642806.
20. Zhukovsky, O. M., Semenov, S. O., Semenov, I. S. (2018). *Vplyv vazhkykh metaliv u ratsionakh na riven yikh nakopychennia v orhanakh i tkanynakh zabiinykh svynei, produktyvnist ta ekskretsiuu amiachnoho azotu* [The influence of heavy metals in diets on the level of their accumulation in the organs and tissues of slaughter pigs, productivity and excretion of ammonia nitrogen]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Herald of Agrarian Science], no. 12, pp. 40–45. DOI:10.31073/agrovisnyk201812-06. (in Ukrainian).
21. Roggeman, S., De Boeck, G., De Cock, H., Blust, R., Bervoets, L., (2014). *Accumulation and detoxification of metals and arsenic in tissues of cattle (Bos Taurus), and the risks for human consumption*. *Science of The Total Environment*, Vol. (466-467), no. 1, pp. 175–184. DOI:10.1016/j.scitotenv.2013.07/007.
22. Hashemi, S., (2018). *Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 154, no. 15, pp. 263–267. DOI:10.1016/j.ecoenv.2018.02.058.
23. Ibatullin, I. I., Zhukorskyi, O. M. (2017). *Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynytstvi* [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]. Kyiv, Agrarian Science, 238 p. (in Ukrainian).
24. Ibatullina, I. I., Zhukors'kogo, O. M. (2016). *Dovidnyk z povnocinnoi' godivli sil's'kogospodars'kyh tvaryn* [Handbook on complete feeding of farm animals/by science. ed. I. Ibatullin and O. M. Zhukorskyi]. Kyiv: Agrarian Science, 336 p. (in Ukrainian).
25. DSTU 7670:2014. *Syrovyna i produkty harchovi. Gotuvannja prob. Mineralizacija dlja vyznachennja vmistu toksychnykh elementiv*. [Chynnyj vid 2015-07-01] [DSTU 7670:2014. Raw materials and food products. Preparation of samples. Mineralization to determine the content of toxic elements. [Effective from 2015-07-01]]. Kind. officer Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine, 2015, 18 p. (in Ukrainian).
26. GOST 30178-96. *Syrovyna i produkty harchovi. Atomno-absorbciyjnyj metod vyznachennja toksychnykh elementiv*. [Chynnyj vid 2002-01-01] [GOST 30178-96. Raw materials and food products. Atomic absorption method for determination of toxic elements. [Effective from 2002-01-01]]. 19 p. Available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage?id_doc=76401. (in Ukrainian).
27. *Jevropejs'ka konvencija pro zahyst hrebetnyh tvaryn, shho vykorystovujut'sja dlja doslidnyh ta inshykh naukovykh cilej: konvencija. Mizhnarodnyj dokument vid 18.03.1986*. [European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Research and Other Scientific Purposes: Convention. International document dated March 18, 1986]. Baza danyh «Zakonodavstvo Ukrai'ny» Rada Jevropy. [Database "Legislation of Ukraine". Council of Europe]. Available at: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_137. (in Ukrainian).
28. Okereafor, U., Makhatha, M., Mekuto, L., Uche-Okereafor, N., Sebola, T., Mavumengwana, V. (2020). *Toxic metal implications on agricultural soils, plants, animals, aquatic life and human health*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 17, no. 7, 2204 p. DOI:10.3390/ijerph17072204.
29. *Pro zatverdzhennia Derzhavnykh hihiienichnykh pravyl i norm «Rehlament maksimalnykh rivniv okremykh zabrudniuuchykh rehovyn u kharchovykh produktakh»: nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 13.05.2013 r. №368* [On the Approval of the State Hygienic Rules and Norms Regulation of Maximum Levels of Certain Pollutants in Food Products: Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 368 from 13th May 2013]. Baza danyh «Zakonodavstvo Ukrai'ny» [Database "Legislation of Ukraine"]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13#Text>. (in Ukrainian).
30. Savchenko, Yu. I., Savchuk, I. M., Savchenko, M. G., Karpyuk, N. A. (2017). *Radioekologichna ocinka racioniv pry vyrobnyctvi jalovychny: monografija* [Radioecological assessment of rations in beef production: monograph]. Zhytomyr: PP "Ruta", 160 p. (in Ukrainian).
31. Savchuk, I., Skydan, O., Stepanenko, V., Kryvyi, M., Kovaleva, S. (2021). *Safety of livestock products of bulls on various diets during fattening in the conditions of radioactive contamination. Regulatory Mechanisms in Biosystems*, Vol. 12, no. 1, pp. 86–91. DOI:10.15421/022113.
32. Subramaniam, M. D, Kim, I. H. (2015). *Clays as dietary supplements for swine: a review*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, Vol. 6, no. 1, 38 p. DOI:10.1186/s40104-015-0037-9.
33. Baturevich, O. O., (2019). *Efektivnist' vykorystannja mineraliv pryrodного pohodzhennja v racioni samyc' koropa* [The effectiveness of using natural minerals in the diet of female carp]. *Visnyk Poltav's'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii'* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], no. 3, pp. 132–138. DOI:10.31210/visnyk2019.03.17. (in Ukrainian).

34. Ogorodova, L., Kiseleva, I., Melchakova, L., Vıgasina, M., Krupskaya, V., Sudin, V. (2015). Calorimetric determination of the enthalpy of formation of natural saponite. *Geochemistry International*, Vol. 53, pp. 617–623. DOI:10.1134/S0016702915070071.

Influence of different diets and sorbents on the accumulation of Cd in the muscle tissue of young cattle and pigs

Savchuk I., Kovalova S., Yashchuk I.

The article, based on scientific research, examines an important problematic issue regarding the quality and safety of beef and pork during their production in the Polissia zone of Ukraine, affected by the Chernobyl accident. The purpose of the research was to evaluate the effect of different diets and saponite sorbent on the level of Cd accumulation in the muscle tissue of young bulls and pigs kept in the territory belonging to the third zone of radioactive contamination.

Two scientific and economic experiments were conducted. When growing Ukrainian black and white dairy young bulls, the influence of different silages (4-component cereal-bean mixture and *Echinochloa frumentacea* silage) on the content of Cd in the longest back muscle was studied (experiment 1), and optimization of the protein nutrition of animals was carried out at the expense of various feeds with a high protein content (narrow-leaved lupine and fodder beans) (experiment 2). In the third experiment, young pigs were fed various amounts of the natural mineral saponite as part of their diet, and its influence on the ecological quality of products was studied.

Since different types and amounts of feed components were used when feeding the animals of the

studied groups, it was necessary to balance the rations according to the content of nutrients for each of the presented groups. Regulation and verification of the nutritional value of the rationed feed was carried out monthly.

When changing rations for animals, their growth, live weight, zootechnical analysis of feed, their nutritional value and feeding rates were taken into account.

Sample preparation of fodder and muscles was carried out according to GSTU 7670:2014 with the help of dry mineralization, the concentration of the toxicant was determined by the atomic absorption method. The transition coefficient of Cd in the chain «diet – muscle tissue» in this study is within the established standards. At the same time, feeding by *Echinochloa frumentacea* silage contributed to a decrease in the coefficient of transition of Cd into the muscle tissue of young bulls by 0.68 % (absolute). The introduction of 30 % (by mass) of fodder beans into the grain mixture instead of a similar amount of lupine for young cattle (cattle) for fattening in the territory of radioactive contamination (the third zone) contributed to a significantly lower accumulation and transition of Cd into the muscle tissue of animals – on 25.0 % and 0.71 % (absolute), respectively. The inclusion of the natural sorbent mineral saponite in the amount of 3–7 % by mass of concentrated feed in the diet of growing and fattening pigs contributed to a reduction of Cd in the longest muscle of the back by 21.8–37.9%, while at the same time it was better in terms of the sorption efficiency for excretion of Cd, which turned out to be a saponite dose of 7 %.

Key words: young bulls, pigs, nutrition, different diets, saponite, accumulation of Cd.



Copyright: Савчук І. М., Ковальова С. П., Ящук І. В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Савчук І. М.

Ковальова С. П.

Ящук І. В.

<https://orcid.org/0000-0002-2182-8857>

<https://orcid.org/0000-0003-1858-625X>

<https://orcid.org/0000-0003-2515-4260>


ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК 636.22/28.034.061

Успадковуваність та співвідносна мінливість лінійних ознак екстер'єру корів-первісток чорно-рябої худоби з надосом

Хмельничий Л.М. , Карпенко Б.М. 

Сумський національний аграрний університет

 Хмельничий Л.М. E-mail: khmelnychy@ukr.net

Хмельничий Л.М., Карпенко Б.М. Успадковуваність та співвідносна мінливість лінійних ознак екстер'єру корів-первісток чорно-рябої худоби з надосом. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 51–63.

Khmelnychy L., Karpenko B. Heritability and correlative variability of the conformation linear traits of first-born cows of black-and-white cattle with milk yield. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 51–63.

Рукопис отримано: 08.09.2023 р.

Прийнято: 22.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-51-63

Проведено поглиблений аналіз публікацій вітчизняних та зарубіжних авторів в аспекті досліджень з вивчення успадковуваності лінійних ознак екстер'єрного типу та їхньої співвідносної мінливості з молочною продуктивністю. Авторами дослідження встановлено, що рівень існуючої мінливості успадковуваності лінійних ознак залежить від багатьох генотипових та паратипових чинників. Водночас, вони стверджують, що, незважаючи на мінливість успадковуваності статей екстер'єру корів молочної худоби, їх рівень загалом є достатній для ефективного добору за лінійними ознаками типу. Дослідження з вивчення кореляції між лінійними ознаками типу і молочною продуктивністю корів різних порід світу засвідчили про високий рівень цього зв'язку. Це свідчить про ефективність опосередкованої селекції молочної худоби за типом, що дозволить отримати не лише конституціонально міцних та здорових тварин, а й з високою молочною продуктивністю. Викладено популяційно-генетичний аспект з визначення успадковуваності та співвідносної мінливості лінійних ознак з надосом корів-первісток голштинської породи вітчизняної селекції та української чорно-рябої молочної у господарстві приватного підприємства «Буринське» Підліснівського відділення Степанівської територіальної громади Сумського району. Величини та достовірність коефіцієнтів успадковуваності групових лінійних ознак свідчать, що вони у корів-первісток голштинської породи на 24,5–42,2 %, а у ровесниць української чорно-рябої молочної – на 26,6–40,1 % контролюються генотипом тварин. Фінальна оцінка за типом, відповідно, 48,2 та 45,4 % забезпечує ефективність добору корів за генотипом. Мінливість описових ознак корів голштинської породи варіює у межах від незначної та недостовірної ($h^2=0,084$; розташування передніх дійок) до високої та достовірної ($h^2=0,484$; кутастість). У ровесниць української чорно-рябої молочної породи мінливість змінюється від 0,077 (розташування задніх дійок) до 0,422 (кутастість). Найбільший достовірний зв'язок у корів голштинської та української чорно-рябої молочної порід виявлено між ознаками молочного типу (0,428 та 0,387), тулуба (0,446 та 0,439), вимені (0,486 та 0,478) і особливо фінальною оцінкою за тип (0,492 та 0,488), що дає підставу стверджувати про ефективність добору за цими ознаками. Найвищий рівень достовірного додатного зв'язку з величиною надою за першу лактацію виявлено за оцінками описових ознак голштинської та української чорно-рябої молочної порід, відповідно, за: висотою ($r=0,363$ та 0,322), глибиною тулуба ($r=0,468$ та 0,484), кутастістю ($r=0,477$ та 0,466), шириною заду ($r=0,366$ та 0,322), поставою тазових кінцівок ($r=0,369$ та 0,374), прикріпленням передніх ($r=0,482$ та 0,426) та задніх ($r=0,371$ та 0,351) часток вимені, центральною зв'язкою ($r=0,364$ та 0,375) та переміщенням ($r=0,363$ та 0,322) при $P<0,001$.

Ключові слова: голштинська, українська чорно-ряба молочна, лінійна оцінка типу, екстер'єр, надій, корови-первістки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Селекційна практика молочної худоби в Україні та в світі через поширене використання методики лінійної класифікації для оцінки корів за екстер'єрним типом засвідчує важливість використання у цьому процесі популяційно-генетичних параметрів та на відповідному рівні уявлення механізмів дії двох дуже важливих – успадкованості та співвідносної мінливості. Вивченню успадкованості ознак лінійної класифікації присвячена значна кількість досліджень, проведених як в Україні, так і за її межами (Battagin et al., 2013; Berry et al., 2004; DalZotto et al., 2007; Dechow et al., 2003; Khmelnychy, 2004; 2018; 2022; Khmelnychy and Karpenko, 2021; Khmelnychy et al., 2020; Samoré et al., 2010; Povod et al., 2022; Shevchenko, 2012).

Так, перший параметр – успадкованість, яка є часткою спадкової мінливості у загальній різноманітності ознаки, дасть змогу істотно поліпшити її у потомства за умов високого ступеня цього показника, тоді як, навпаки, за умов низької успадкованості та господарсько корисної ознаки, у цьому випадку лінійної оцінки типу, відбудеться майже повне її повернення до середньої величини вихідного покоління (Burkat et al., 2003; Campos et al., 2012; DalZotto et al., 2007; DuToit et al., 2012; Duru, et al., 2012). За відповідного скорочення генетичної мінливості аналогічно знижується реакція на добір, а, отже, й на реалізацію успадкованості (Eisner, 1981; Норка et al., 2007).

Автори багатьох досліджень стверджують, що, незважаючи на мінливість успадкованості статей екстер'єру корів молочної худоби, вона загалом є достатньою для ефективного добору за ними. Рівень існуючої мінливості залежить від багатьох чинників: породи, внутрішньопородного типу, лінії, бугаїв-плідників, генотипу, віку, паратипових факторів, ступеня консолідованості стада за типом, інтенсивності добору бугаїв-плідників, оцінюваної ознаки та методу її визначення (DeHaas et al., 2007; DuToit et al., 2012; Khmelnychy, 2002; 2004; 2022; Khmelnychy et al., 2021; Novotný et al., 2017; Nusupov et al., 2021; Povod et al., 2022; Sabedot et al., 2018; Špehar et al., 2012; Wiggans et al., 2006).

Повідомляється, що успадкованість лінійних ознак української чорно-рябої молочної породи коливалась у межах від 0,13 до 0,54 з вищими коефіцієнтами за глибиною грудей ($h^2=0,54$), ростом ($h^2=0,49$) й шириною заду ($h^2=0,36$) (Admina, 2010), від 0,128 (кут скакального суглоба) до 0,362 (передне прикріплення вимені) (Khmelnychy and Vechorka,

2020), від 0,069 (рух) до 0,329 (глибина тулуба) (Khmelnychy, 2004), української червоно-рябої молочної породи від – 0,141 (кут ратиці) до 0,367 (кутастість) (Dubin, 1999), від 0,37 (довжина дійок) до 0,43 (глибина тулуба) (Dubin, 1999), лебединської – від 0,102 (кут ратиці) до 0,304 (ширина грудей), української бурої молочної – від 0,106 (кут ратиці) до 0,318 (ширина грудей), бурої швіцької – від 0,115 (вгодованість) до 0,389 (передне прикріплення вимені) (Ladyka et al., 2020; 2023).

За результатами значної кількості досліджень різних авторів повідомляється про високу мінливість коефіцієнтів успадкованості ознак екстер'єру корів молочної худоби різних країн селекції. Так, за лінійним оцінюванням типу корів голштинської породи чеської селекції успадкованість описових ознак коливалась у межах 0,05–0,43 (Zink et al., 2014). Згідно з даними інших авторів (Zavadilová et al., 2011), успадкованість голштинських корів Чехії змінювалася від 0,17 до 0,32 – за ознаками вимені, від 0,10 до 0,16 – за ознаками кінцівок, і від 0,18 до 0,45 – за ознаками, які характеризують розміри тіла. Лінійна класифікація голштинів у 802 стадах Бразилії за 22 ознаками типу засвідчила рівень їх успадкованості у межах 0,10–0,39 (Campos et al., 2015). У голштинів Швейцарії успадкованість лінійних ознак варіювала від 0,08 (висота ратиці) до 0,46 (ширина заду) (Kern et al., 2015). У голштинських корів-первісток Італії ступінь успадкованості становив 0,114 за ознакою вгодованості та 0,049 – за ознакою руху (Berry et al., 2003). Достатньою мінливістю відрізняються голштини Туреччини ($h^2=0,06–0,62$) (Duru et al., 2012), голштини ($h^2=0,07–0,36$) (Kern et al., 2011) та джерсеї ($h^2=0,09–0,55$) (Sabedot et al., 2018) Бразилії, словенської бурої швіцької ($h^2=0,03–0,22$) (Špehar et al., 2012), бурої швіцької ($h^2=0,099–0,453$) та гернзійської ($h^2=0,078–0,428$) порід США (Wright et al., 2013).

Отже, наведені показники успадкованості лінійних ознак екстер'єрного типу корів різних світових порід переконливо демонструють, що в одних випадках успадкованість окремих описових ознак є достатньо високою, тим часом у інших – помірною, іноді низькою, проте загалом достатньою за селекційно важливими, особливо пов'язаними з ознаками продуктивності та довголіття, задля подальшого їх удосконалення завдяки цілеспрямованій селекційній роботі.

Важливо враховувати знання з того, що успадкованість завжди виявляється в конкретних умовах середовища (Норка et al., 2007). Генотип визначає лише норму реакції

організму на зовнішні умови. Міняються умови – неминуче змінюється і норма реакції. Це означає, що відділяти вплив успадкованості від впливу середовища можливо лише з великою часткою умовності і лише в окреслених межах коливання зовнішніх факторів. У зв'язку з цим виникає необхідність постійного генетико-популяційного моніторингу стад за показниками успадкованості кількісних по-господарському корисних ознак, що дає змогу істотно підвищити ефективність селекційного процесу за умови отримання високого ступеня коефіцієнтів (Polupan, 2007; Šrehar et al., 2012). Це стосується також лінійних ознак екстер'єру, оскільки між ними та господарськи корисними ознаками загалом та, особливо, молочною продуктивністю існує кореляція різного спрямування, ступеня та достовірності.

Тому наступний важливий параметр популяційної генетики – це співвідносна мінливість (кореляція) між селекціонованими ознаками взагалі та лінійними статтями екстер'єру та ознаками молочної продуктивності, зокрема, і це не менш важливий чинник в аспекті перспективи ефективності селекції молочної худоби.

Відомо, що ефективність селекції істотно зростає, коли між двома ознаками існує високий ступінь позитивної (додатної) кореляції. Наприклад, між шириною вим'я та виходом жиру ($r=0,51$) (Zink et al., 2014), надоем і шириною вимені ($r=0,82$) (Liu et al., 2014), центральною зв'язкою ($r=0,79$) (Liu et al., 2014), кутастістю ($r=0,48$) (Berry et al., 2004), ($r=0,38$) (Liu et al., 2014), глибиною тулуба ($r=0,48$) (DeHaas et al., 2007), висотою задньої частини ($r=0,20$) та шириною вимені ($r=0,48$) (Gibson and Dechow, 2018); ознаками, що мали кореляцією з продуктивним життям: переднім прикріпленням вимені, переміщенням та загальною оцінкою (0,44; 0,50 та 0,57, відповідно) (Gibson and Dechow, 2018), кутом ратиці ($r=0,47$), глибиною вимені ($r=0,46$), переднім прикріпленням вимені ($r=0,28$) (Mrode et al., 2000).

Ситуація змінюється, якщо маємо справу з двома бажаними ознаками, між якими існує від'ємна кореляція. Наприклад, між вгодованістю та виходом молочного жиру ($-0,45$) (Zink et al., 2014), кутастістю та вгодованістю ($r=-0,84$) (Berry et al., 2004), надоем та глибиною вимені ($r=-0,30$) (Tapki and Ziya, 2013), ($r=-0,40$) (Gibson and Dechow, 2018), вгодованістю ($r=-0,45$) (DeHaas et al., 2007). У цьому випадку необхідно вести добір за двома ознаками, що певною мірою буде стримувати ефект селекції.

Отже, враховуючи важливість розглянутих параметрів популяційної генетики – успадкованості та співвідносної мінливості, у се-

лекційному процесі з удосконалення молочної худоби за екстер'єрним типом взагалі та у стаді з розведення української чорно-рябої та голштинської породи української селекції, зокрема, метою цього дослідження стало вивчення ступеня цих параметрів у підконтрольних порід.

Матеріали та методи досліджень. Базою для експериментальних досліджень слугувало стадо компанії «Укрлендфармінг» приватного підприємства «Буринське» Підліснівського відділення Степанівської територіальної громади Підліснівського старостату з розведення української чорно-рябої молочної та голштинської порід, яке є одним із кращих господарств Сумського регіону.

До першої групи корів української чорно-рябої молочної породи було віднесено піддослідне поголів'я помісних тварин, отриманих від бугаїв-плідників української селекції (розведення «у собі»), а до другої – поголів'я корів голштинської породи вітчизняної селекції з умовною кровністю голштина вище за 93,75 %, які, згідно з чинною наразі інструкцією з бонітування тварин великої рогатої худоби молочних і молочно-м'ясних порід, належать до чистопородних тварин за поліпшувальною (батьківською) породою (*Electronicresource*). Оцінка екстер'єрного типу корів-первісток проводилася за методикою лінійної класифікації (Khmelnichy et al., 2016), згідно з останніми рекомендаціями ICAR (Ladyka et al., 2010) у віці 2–4 місяців після отелення за двома системами: 9-бальною, з лінійним описом 18 статей екстер'єру, і 100-бальною з урахуванням чотирьох комплексів селекційних ознак, які характеризують: вираженість молочного типу, розвиток тулуба, стан кінцівок і морфологічні якості вимені. Кожен екстер'єрний комплекс оцінювався незалежно, маючи свій ваговий коефіцієнт у загальній оцінці (ЗО) тварини: молочний тип (МТ) – 15 %, тулуб (Т) – 20 %, кінцівки (К) – 25 % та вим'я (В) – 40 %.

Загальну оцінку типу визначали за формулою:

$$ZO = (MT \cdot 0,15) + (T \cdot 0,20) + (K \cdot 0,25) + (B \cdot 0,40)$$

Успадкованість селекційних ознак визначали за показником сили впливу батька на їхній розвиток у напів-сібсів в однофакторному дисперсійному комплексі ($h^2 = \eta_x^2$).

Дані експериментальних досліджень (кореляційний аналіз) опрацьовували біометричними методами на ПК у середовищі Microsoft Office Excel за використання програмного забезпечення за формулами, наведеними В. І. Ладикою та

ін. (Ladyka et al., 2023). Надійність отриманих даних оцінювали шляхом обчислення похибок статистичних значень (S.E.) та критеріїв надійності Стюдента (td) та Фішера (F). Рівень достовірності класифікували, порівняно зі значеннями стандартних критеріїв. Результати досліджень вважали значущими для першого при $P < 0,05$ (*), другого $P < 0,01$ (**), та для третього $P < 0,001$ (***) порогів достовірності.

Результати досліджень та обговорення. Досвід селекції засвідчує, що біологічні властивості живих організмів та рівень розвитку селекціонованих кількісних ознак тварин контролюються дією двох груп чинників – спадкових та середовищних. Проте для практичної селекції дуже важливо відокремлено визначити ступінь впливу кожного із спадкових чинників у загальній мінливості взятих для дослідження показників. Використовуючи дисперсійний аналіз, ми одержуємо математичний вираз мінливості, обумовлений дією врахованих у досліді факторів та визначаємо статистичну достовірність частки впливу факторів, що вивчаються (Polupan, 2007).

Визначений нами рівень успадкованості більшості ознак будови тіла та вимені корів-первісток піддослідних порід, оцінених за методикою лінійної класифікації, свідчить про можливість ефективної масової селекції за ними, табл. 1.

Величини та достовірність коефіцієнтів успадкованості групових лінійних ознак свідчить, що вони у корів-первісток голштинської породи на 24,5–42,2 %, а у ровесниць української чорно-рябої молочної – на 26,6–40,1 % контролюються генотипом тварин. Фінальна оцінка за типом, відповідно, 48,2 та 45,4 % забезпечує ефективність добору корів за генотипом. Серед описових лінійних ознак мінливість коефіцієнтів успадкованості варіює у ширших межах, залежно від породи та оцінюваної статі з незначною перевагою корів-первісток голштинської породи, які є консолідованішими за молочним типом.

Мінливість описових ознак корів голштинської породи варіює у межах від незначної та недостовірної ($h^2=0,084$; розташування передніх дійок) до високої та достовірної ($h^2=0,484$; кутастість). У ровесниць української чорно-рябої молочної породи мінливість змінюється від 0,077 (розташування задніх дійок) до 0,422 (кутастість). Отримані результати співпадають з аналогічними в отриманих дослідженнях корів молочних порід різної селекції (Elisandra et al., 2014; Shevchenko, 2012).

Водночас отримані рівні коефіцієнтів успадкованості за найбільш значущими озна-

ками, від яких залежать важливі господарські корисні показники такі, як тривалість господарського використання, життєва та довічна молочна продуктивність (Khmelnchyi and Khmelnchyi, 2019; Khmelnchyi et al., 2020; Polupan, 2000; 2015; Wright et al., 2013) (глибина тулуба, висота, ширина заду, кутастість, постава задніх кінцівок, прикріплення часток вимені спереду та ззаду, центральна зв'язка, глибина вимені, довжина дійок та хода) дає змогу очікувати селекційний поліпшувальний ефект екстер'єру в результаті добору та підбору за ними.

Цей висновок підтверджується генетичною детермінацією перерахованих вище описових статей екстер'єру корів-первісток голштинської породи, які характеризують стан тулуба у межах 0,284–0,484, кінцівок – 0,168–0,267 та вимені – 0,215–0,395 і у ровесниць української чорно-рябої молочної з відповідною мінливістю коефіцієнтів успадкованості, відповідно, 0,269–0,422; 0,185–0,236 та 0,194–0,388.

Оскільки організм тварини є єдиною самоуправною системою, що склалася у процесі тривалої еволюції, коли окремі частини організму, органи, тканини, ознаки перебувають у взаємному зв'язку один з одним, вивчення зв'язків між господарськи корисними ознаками має велике значення для селекційно-племінної роботи. Особливо важливим є те, що зв'язки, які існують в організмі тварини, не є абсолютними, вічними, оскільки їх контролює природний або штучний добір (Норка et al., 2007). Задля ефективності добору за ознаками із низькою успадкованістю облік ознак, що корелюють, має вирішальне значення. Водночас включення до селекції таких співвідносних ознак, успадкованість яких дуже низька – єдиною можливий спосіб для досягнення успіху селекції.

Ця закономірна властивість підтверджена й нашими дослідженнями при визначенні рівня співвідносної мінливості між оцінюванням лінійної класифікації та величиною надою у корів-первісток голштинської та української чорно-рябої молочної порід (табл. 2).

Лінійна класифікація за 100-бальною системою з оцінкою чотирьох групових ознак екстер'єру є визначальною щодо величини надою корів-первісток. Найбільш значущий зв'язок у корів голштинської та української чорно-рябої молочної порід виявлено між ознаками молочного типу (0,428 та 0,387), тулуба (0,446 та 0,439), вимені (0,486 та 0,478) і особливо фінальною оцінкою за тип (0,492 та 0,488), що дає підставу стверджувати про ефективність добору за цими ознаками.

Таблиця 1 – Успадковуваність лінійних ознак корів-первісток УЧРМ та голштинської порід

Ознаки екстер'єру	Порода				
	голштинська		українська чорно-ряба молочна		
	h^2	F	h^2	F	
Фактор/обсяг	36/293		29/278		
Групові ознаки: молочного типу	0,413***	16,3	0,389***	14,6	
тулуба	0,422***	15,7	0,401***	15,2	
кінцівок	0,254***	10,6	0,266***	10,5	
вимені	0,408***	16,5	0,394***	14,8	
Фінальна оцінка	0,482***	28,3	0,454***	17,3	
Описові ознаки: висота	0,284***	7,85	0,269***	8,71	
ширина грудей	0,183***	6,68	0,175***	6,83	
глибина тулуба	0,314***	9,77	0,282***	8,95	
кутастість	0,484***	18,8	0,422***	16,8	
нахил заду	0,092	0,71	0,086	0,78	
ширина заду	0,327***	10,5	0,302***	9,81	
кут скакального суглоба	0,106	0,95	0,104	0,98	
постава тазових кінцівок	0,267***	9,59	0,236***	9,13	
кут ратиць	0,168**	2,67	0,171**	3,37	
прикріплення вимені	переднє	0,395***	10,8	0,388***	10,8
	заднє	0,266***	7,64	0,356***	9,64
центральна зв'язка	0,317***	8,94	0,298***	8,87	
глибина вимені	0,266***	5,51	0,259***	6,84	
розташування дійок	передніх	0,084	1,41	0,098	1,96
	задніх	0,095	1,55	0,077	1,64
довжина дійок	0,215***	4,75	0,194***	5,86	
переміщення (хода)	0,204***	7,63	0,185***	6,74	
вгодованість	0,107**	3,31	0,091**	2,64	

Таблиця 2 – Співвідносна мінливість лінійних ознак з надоєм корів-первісток голштинської та української чорно-рябої молочної порід

Ознаки екстер'єру		Порода			
		голштинська (n = 293)		українська чорно-ряба молочна (n= 278)	
		$r \pm m_r$	t_r	$r \pm m_r$	t_r
Групові ознаки: молочного типу		0,428±0,0511***	8,38	0,387±0,0539***	7,17
тулуба		0,446±0,0488***	9,14	0,439±0,0491***	8,94
кінцівок		0,224±0,0585***	3,83	0,263±0,0593***	4,43
вимені		0,486±0,0574***	8,47	0,478±0,0585***	8,17
Фінальна оцінка		0,492±0,0529***	9,30	0,488±0,0577***	8,45
Описові ознаки: висота		0,363±0,0487***	7,45	0,322±0,0475***	6,78
ширина грудей		0,124±0,0577*	2,15	0,135±0,0578*	2,33
глибина тулуба		0,468±0,0429***	10,9	0,484±0,0533***	9,08
кутастість		0,477±0,0569***	8,38	0,466±0,0573***	8,13
нахил заду		0,088±0,0588	1,49	0,034±0,0574	0,59
ширина заду		0,366±0,0574***	6,38	0,322±0,0516***	6,24
кут скакального суглоба		0,112±0,0572*	1,96	0,141±0,0616*	2,29
постава тазових кінцівок		0,369±0,0443***	8,33	0,374±0,0614***	6,09
кут ратиць		0,113±0,0515*	2,19	0,159±0,0527**	3,02
прикріплення вимені	переднє	0,482±0,0493***	9,78	0,426±0,0512***	8,32
	заднє	0,371±0,0558***	6,65	0,351±0,0498***	7,05
центральна зв'язка		0,364±0,0502***	7,25	0,375±0,0493***	7,61
глибина вимені		-0,168±0,0513**	3,27	-0,173±0,0497***	3,48
розташування дійок	передніх	-0,108±0,0534*	2,02	-0,132±0,0498**	2,65
	задніх	-0,121±0,0525*	2,30	-0,122±0,0483**	2,53
довжина дійок		-0,041±0,0514	0,80	-0,144±0,0492**	2,93
переміщення (хода)		0,363±0,0597***	6,08	0,322±0,0493***	6,53
вгодованість		-0,351±0,0616***	5,69	-0,345±0,0597***	5,78

Не менш важливим чинником для успішного добору в популяції молочної худоби є рівень кореляційної мінливості між описовими ознаками екстер'єру та молочною продуктивністю. Дослідженнями зв'язку між оцінками описових ознак та величиною надою отримані кореляції різної сили та спрямування. Найвищий рівень достовірного додатного зв'язку з величиною надою за першу лактацію виявлено за оцінками описових ознак голштинської та української чорно-рябої молочної порід, відповідно, за: висотою ($r=0,363$ та $0,322$), глибиною тулуба ($r=0,468$ та $0,484$), кутастистю ($r=0,477$ та $0,466$), шириною заду ($r=0,366$ та $0,322$), поставою тазових кінцівок ($r=0,369$ та $0,374$), прикріпленням передніх ($r=0,482$ та $0,426$) та задніх ($r=0,371$ та $0,351$) часток вимені, центральною зв'язкою ($r=0,364$ та $0,375$) та переміщенням ($r=0,363$ та $0,322$) при $P<0,001$.

Ватро відзначити, що вище перераховані лінійні ознаки, рівень кореляцій яких достатній для ефективної селекції за типом, характеризують вираженість молочного типу корів, відповідають за їх міцність та здоров'я, функціональність та технологічність.

Між технологічними ознаками вимені (розташуванням передніх та задніх дійок і їх довжиною) та рівнем надою виявлена від'ємна кореляція. Випадок отримання достовірної помірної від'ємної кореляції між розташуванням передніх і задніх дійок та надоєм має об'єктивне пояснення, яке полягає у тому, що із наповненням ємності вимені корови молоком воно розширюється з одночасним зростанням відстані між дійками, що, відповідно, призводить до зниження оцінки.

Щодо отриманої від'ємної кореляції між вгодованістю та надоєм ($r=-0,351$ та $-0,345$), ця ситуація пояснюється, головним чином, негативним енергетичним балансом, який існує зазвичай у високопродуктивних корів і особливо у перші 100 днів лактації. Це саме той період, коли вони оцінюються за методикою лінійної класифікації, як того вимагають правила. Щодо погляду на бажаний екстер'єрний тип корів молочної худоби є об'єктивне, загальноприйняте у селекціонерів та виробників розуміння, що корови молочних спеціалізованих порід, які належать до інтенсивного типу, вгодованими не бувають ніколи. Результати наших досліджень узгоджуються з аналогічними даними численних науковців із країн далекого зарубіжжя. Наприклад, від'ємний коефіцієнт кореляції між вгодованістю та надоєм у корів голштинської породи Швейцарії становив $-0,35$ (фенотипової) та $-0,45$ (генотипової) (DeHaas et al., 2007), у помісних фризь-

ко-бунайських корів $-0,370$ (фенотипової) та $-0,465$ (генотипової) (Alphonsus, et al., 2010), у голштинів Туреччини $-0,20$ (фенотипової) та $-0,34$ (генотипової) (Tarık and Ziya, 2013), корів голштинської породи Чехії $-0,15$ (фенотипової) та $-0,34$ (генотипової) (Zink et al., 2014).

Висновки. Визначені ступені мінливості коефіцієнтів успадкованості лінійних ознак свідчать про відповідний рівень селекції корів за екстер'єрним типом, адекватно характеризуючи їх генетичну варіативність у загальній фенотиповій різноманітності популяції.

У процесі селекційного удосконалення молочної худоби за екстер'єром, завдяки високим коефіцієнтам успадкованості ознак лінійної оцінки за типом, існує реальна можливість швидше досягти поставленої мети за умов цілеспрямованого добору тварин за цими ознаками.

Встановлена істотна та достовірна співвідносна мінливість групових та описових статей екстер'єру з надоєм за першу лактацію підтверджує настійну необхідність опосередкованої селекції молочної худоби за типом, що дозволить отримати не лише конституціонально міцних та здорових тварин, а й високопродуктивних за надоєм.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адміна Н. Г. Оцінка бугаїв за екстер'єрними особливостями дочок. Розведення і генетика тварин: міжвідомчий тематичний науковий збірник. К.: Аграрна наука. 2010. Вип. 44. С. 28–29.
2. Буркат В. П., Єфіменко М. Я., Подооба Б. Є., Дзіцюк В. В. Наукові і прикладні аспекти генетичного моніторингу у тваринництві. Вісник аграрної науки. 2003. № 5. С. 32–39.
3. Селекція сільськогосподарських тварин / Б. М. Гопка та ін; за заг. ред. Ю. Ф. Мельника, В. П. Коваленка та А. М. Угнівенка. К.: 2007. 554 с.
4. Дубін А. М. Оцінка екстер'єру корів та бугаїв-плідників. Вісник аграрної науки. 1999. № 1. С. 41–44.
5. Інструкція з бонітування великої рогатої худоби молочних і молочно-м'ясних порід. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства № 50 (з0380-17) від 10.02.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0095-04#Text>.
6. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Буркат В. П., Рубан С. Ю. Реєстрація ICAR. Довідник. Суми: Сумський національний аграрний університет, 2010. 457 с.
7. Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва: підручник для аспірантів / В.І. Ладика та ін.; за заг. ред. В. І. Ладика, Л. М. Хмельничого. Одеса: Олді+, 2023. 244 с.
8. Повод М. Г., Самохіна Є. А., Хмельничий С. Л. Успадкованість лінійних ознак типу корів української червоно-рябої молочної породи та їхній зв'язок з ознаками продуктивності й довголіття. Вісник Сумського НАУ. Тваринництво. 2022. Вип. 4 (51). С. 23–32.

9. Полупан Ю. П. Генетична детермінація тривалості та ефективності довічного використання чорно-рябої молочної худоби. Розведення і генетика тварин. 2015. Вип. 49. С. 120–133.
10. Полупан Ю. П. Ефективність довічного використання червоної молочної худоби. Розведення і генетика тварин К.: Аграрна наука, 2000. Вип. 33. С. 97–105.
11. Полупан Ю. П. Онтогенетичні та селекційні закономірності формування господарськи корисних ознак молочної худоби: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.02.01. Ін-т розведення і генетики тварин НААН. Чубинське, 2013. 694 с.
12. Полупан Ю. П. Суб'єктивні акценти з деяких питань основ селекції та породоутворення. Розведення і генетика тварин. К.: Аграрна наука. 2007. Вип. 41. С. 194–208.
13. Хмельничий Л. М. Морфологічні ознаки вимені корів-первісток української чорно-рябої молочної породи. Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво. 2002. Вип. 6. С. 542–545.
14. Хмельничий Л. М. Успадковуваність лінійних ознак екстер'єру. Науковий вісник Львівської націон. акад. вет. медицини ім. С. З. Гжицького. Львів, 2004. Т. 6 (3). Ч. 5. С. 58–62.
15. Хмельничий Л. М. Успадковуваність та кореляційна мінливість лінійних ознак екстер'єру корів-первісток української червоно-рябої молочної породи Черкащини. Науково-інформаційний Вісник Херсонського державного аграрного університету. Херсон, 2018. Вип. 11. С. 73–75.
16. Хмельничий Л. М., Вечорка В. В. Вплив лінійних ознак екстер'єру на стан молочної продуктивності корів-первісток українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід. Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво. 2020. Вип. 1 (40). С. 11–16.
17. Лінійна класифікація корів молочних і молочно-м'ясних порід за типом: методичні вказівки / Л. М. Хмельничий та ін. 2-е вид., перероб. і доп. Суми: Сумський національний аграрний університет, 2016. 27 с.
18. Хмельничий Л. М., Хмельничий С. Л. Популяційно-генетичні параметри статей будови тіла корів української чорно-рябої молочної породи. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Зб. наукових праць Білоцерківського НАУ. 2019. № 2 (150). С. 6–13.
19. Хмельничий Л.М. Пошук предикторів довголіття для корів молочної худоби. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Збірник наукових праць. 2022. № 1 (170). С. 20–37. DOI:10.33245/2310-9289-2022-170-1-20-37.
20. Шевченко А. П. Успадковуваність та сполучна мінливість лінійних ознак корів сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи. Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво. 2012. Вип. 10 (20). С. 88–90.
21. Эйснер Ф. Ф. Теория и практика племенного дела в скотоводстве. К.: Урожай, 1981. 189 с.
22. Relationship of linear conformation traits with body weight, body condition score and milk yield in Friesian × Bunaji Cows / C. Alphonsus et al. Journal of Applied Animal Research. 2010. 38 (1). P. 97–100. DOI:10.1080/09712119.2010.9707164.
23. Genetic parameters for body condition score, locomotion, angularity, and production traits in Italian Holstein cattle / M. Battagin et al. Journal of Dairy Science. 2013. Vol. 96. Issue 8. P. 5344–5351.
24. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield and fertility in dairy cows / D. P. Berry et al. J. Dairy Sci. 2003. 86. P. 2193–2204.
25. Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows / D. P. Berry et al. Irish J. Agr. Food Res. 2004. 43. P. 161–176.
26. Campos R. V., Cobuci J. A., Costa C. N., Neto J. B. Genetic parameters for type traits in Holstein cows in Brazil. R. Bras. Zootec., 2012. 41. P. 2150–2161.
27. Genetic Parameters for Linear Type Traits and Milk, Fat, and Protein Production in Holstein Cows in Brazil / R. V. Campos et al. Asian-Australas J Anim Sci. 2015. 28 (4). P. 476–484.
28. Heritabilities and Genetic Correlations of Body Condition Score and Calving Interval with Yield, Somatic Cell Score, and Linear Type Traits in Brown Swiss Cattle / R. Dal Zotto et al. Journal of Dairy Science. 2007. Vol. 90. Issue 12. P. 5737–5743.
29. De Haas Y., Janss L. L. G., Kadarmideen H. N. Genetic and phenotypic parameters for conformation and yield traits in three Swiss dairy cattle breeds. J. Anim. Breed. Genet. 2007. 124 (1). P. 12–19. DOI:10.1111/j.1439-0388.2007.00630.x.
30. Dechow C. D., Rogers G. W., Klei L., Lawlor T. J. Heritabilities and Correlations Among Body Condition Score, Dairy Form and Selected Linear Type Traits. Journal of Dairy Science. 2003. Vol. 86. Issue 6. P. 2236–2242.
31. Du Toit J., Van Wyk J. B., Maiwashe A. Relationships between functional herd life and conformation traits in the South African Jersey breed. South African Journal of Animal Science. 2012. 42. No 1. P. 47–54.
32. Duru S., Kumlu S., Tuncel E. Estimation of variance components and genetic parameters for type traits and milk yield in Holstein cattle. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 2012. 36 (6). P. 585–591.
33. Genetic association between herd survival and linear type traits in Holstein cows under tropical conditions / E. L. Kern et al. Italian J. Animal Science. 2014. 13. 3419 p. URL: <https://www.tandfonline.com/ijas.2014.3419>.
34. Gibson K. D., Dechow C. D. Genetic parameters for yield, fitness, and type traits in US Brown Swiss dairy cattle. Journal of Dairy Science. 2018. 101 (2). P. 1–7.
35. Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows / E. L. Kern et al. Scientia Agricola, 2015. 72 (3). P. 203–209.
36. Genetic association between herd survival and linear type traits in Holstein cows under tropical conditions / E. L. Kern et al. Italian J. Animal Science. 2014.13. 3419 p.

37. Khmelnychy L., Karpenko B. Evaluation and variability of linear classification indicators in their relationship with milk yield of cows of Holstein breed of regional selection. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. Vol. 21. Issue 1. P. 423–430.

38. Khmelnychy L., Khmelnychy S. Heredity and correlative variability of linear traits of the conformation of cows of Ukrainian black-and-white dairy breed. *Теоретичні та практичні питання аграрної науки: матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, м. Дніпро, 18 травня 2022 р.: у 2 ч. / за заг. ред. А. С. Кобця. Дніпро, 2022. Ч. 1. С. 187–191.*

39. Heritability of traits of the type linear assessment and their genetic association with cow's milk yield of Ukrainian dairy breeds. *Scientific Papers / L. Khmelnychy et al. «Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development»*. 2020. Vol. 20. Issue 1. P. 269–275.

40. Genetic parameters of linear traits and the effect of cow's final type assessment on the longevity of Ukrainian Black-and-White dairy breed / L. Khmelnychy et al. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. Vol. 21. Issue 1. P. 413–421.

41. Khmelnychy L. M., Samokhina E. A., Khmelnychy S. L., Karpenko B. M. The heritability and correlative variability of linear traits with milk yield of Holstein firstborn cows. Conferința științifico-practică cu participare internațională: "Gestionarea fondului genetic animalier – probleme, soluții, perspective" Scientific and practical conference with international participation: «Management of the genetic fund of animals – problems, solutions, outlooks», 28-30 september [2023, Maximovca]. Maximovca: Print-Caro, 2023. P. 149–155.

42. Association between linear traits of legs and longevity of Ukrainian brown dairy cows / V. I. Ladyka et al. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 30 (2). 2020. P. 312–318. DOI:10.36899/JAPS.2020.2.0046

43. Ladyka V. I., Khmelnychy L. M., Khmelnychy S. L. Conformation types of brown cattle of Sumy region of Ukraine (Monograph). Lublin, 2019. 133 p.

44. Liu S., Tan H., Yang L., Yi J. Genetic parameter estimates for selected type traits and milk production traits of Holstein cattle in southern China. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2014. 38. P. 552–556.

45. Mrode R. A., Swanson G. J. T., Lindberg C. M. Genetic correlations of somatic cell count and conformation traits with herd life in dairy breeds, with an application to national genetic evaluations for herd life in the united kingdom. *Livestock Production Science*. 2000. Vol. 65. No 1–2. P. 119–130.

46. Novotný L., Frelich J., Beran J., Zavadilová L. Genetic relationship between type traits, number of lactations initiated, and lifetime milk performance in Czech Fleckvieh cattle. *Czech J. Anim. Sci.*, 2017. 62. P. 501–510.

47. A comparison of the milk yield and morphometrics of Irtysh type Simmental cows and their Holstein and Simmental crosses in East Kazakhstan / A. M. Nusupov et al. *Biodiversitas*, 2021. 22. P. 3663–3670.

48. Genetic parameters for type score traits and milk production in Brazilian Jersey herds / M. A. Sabedot et al. *R. Bras. Zootec.*, 2018. 47:e20170093. DOI:10.1590/rbz4720170093.

49. Samoré A. B., Rizzi R., Rossoni A., Bagnato A. Genetic parameters for functional longevity, type traits, somatic cell scores, milk flow and production in the Italian Brown Swiss. *Ital. J. Anim. Sci.* 2010. 9. P. 145–152.

50. Špehar M., Štepec M., Potočnik K. Variance components estimation for type traits in Slovenian Brown Swiss cattle. *Acta agriculturae Slovenica*. 2012. 100 (2). P. 107–115.

51. Tapki I., Ziya, G. Y. Genetic and phenotypic correlations between linear type traits and milk production yields of Turkish Holstein dairy cows. *Green. J. Agric. Sci.* 2013. 3 (11). P. 755–761.

52. Wiggans G. R., Thornton L. L. M., Neitzel R. R., Gengler N. J. Genetic parameters and evaluation of rear legs (rear view) for Brown Swiss and Guernseys. *Dairy Sci.* 2006. 89. P. 4895–4900.

53. Wright J. R., Wiggans G. R., Muenzenberger C. J., Neitzel R. R. Genetic evaluation of mobility for Brown Swiss Dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. Received: September 24, 2012; Accepted: December 11, 2012; Published Online: February 11, 2013. DOI:10.3168/jds.2012-6193.

54. Zavadilová L., Němcová E., Štípková M. Effect of type traits on functional longevity of Czech Holstein cows estimated from a Cox proportional hazards model. *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94. Issue 8. P. 4090–4099.

55. Analyses of genetic relationships between linear type traits, fat-to-protein ratio, milk production traits, and somatic cell count in first-parity Czech Holstein cows / V. Zink et al. *Czech J. Anim. Sci.* 2014. 59 (12). P. 539–547.

REFERENCES

1. Admina, N. G. (2010). Otsinka buhaiv za eksteriernymi osoblyvostyami dochok [Evaluation of sires according to conformation traits of daughters]. *Rozvedennja i genetyka tvaryn: mizhvidomchij tematychnyj naukovyj zbirnyk [Breeding and genetics of animals: interdepartmental thematic scientific collection]*. K.: Agrarian science, Issue 44, pp. 28–29. (in Ukrainian).

2. Burkat, V. P., Yefimenko, M. Ya., Podoba, B. E., Dzitsyuk, V. V. (2003). Naukovi i prykladni aspekty henetychnoho monitorynhu u tvarynnytstvi [Scientific and applied aspects of genetic monitoring in animal husbandry]. *Bulletin of Agrarian Science*. no. 5, pp. 32–39. (in Ukrainian).

3. Hopka, B. M., Kovalenko, V. P., Melnyk, Y. F., Naidenko, K. A., Nezhlukchenko, T. I., Pelikh, V. G., Rudyk, I. A., Sakhatskyi, M. I., Trofymenko, O. L., Ugnivenko, A. M., Tsytsyurskyi, L. M., Sheremeta, V. I. (2007). Selekcija sil'skogospodars'kyh tvaryn.: za zag. red. Ju. F. Mel'nyka, V. P. Kovalenka ta A. M. Ugnivenka [Breeding of agricultural animals.: In general. ed. Yu. F. Melnyk, V. P. Kovalenko and A. M. Ugnivenko]. K.: 554 p. (in Ukrainian).

4. Dubin, A. M. (1999). Otsinka eksterieru koriv ta buhaiv-plidnykiv [Evaluation of the conformation of cows and sires]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no.1, pp. 41–44. (in Ukrainian).
5. Instrukcija z bonituvannja velykoi' rogatoj' hudoby molochnyh i molochno-m'jasnyh porid. Nakaz Ministerstva agrarnoi' polityky ta prodovol'stva № 50 (z0380-17) vid 10.02.2017. [Instructions for grading cattle of dairy and dairy-meat breeds. Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food No. 50 (z0380-17) dated February 10, 2017.]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0095-04#Text> 54.
6. Ladyka, V.I., Khmelnychy, L.M., Burkat, V.P., Ruban, S.Yu. (2010). Rejestracija ICAR [Registration of the ICAR]. *Dovidnyk* [Reference book]. Sumy National Agrarian University, 457 p. (in Ukrainian).
7. Ladyka, V. I., Khmelnychy, L. M., Povod, M. G. etc. (2023) *Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktiv tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv* [Production and processing technology of animal husbandry products: a textbook for graduate students]. Odesa: Oldi+; 244 p. in general edition by V. I. Ladyka and Khmelnychy, L. M. (in Ukrainian).
8. Povod, M. G., Samokhina, E. A., Khmelnychy, S. L. (2022). Uspadkovuvannist liniinykh oznak typu koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody ta yikhonii zviazok z oznakamy produktyvnosti i dovholit'ia [Inheritance of cows linear type traits of Ukrainian Red-and-White dairy breed and their relationship with productivity and longevity traits]. *Visnyk Sums'kogo NAU* [Bulletin of the Sumy NAU]. *Tvarynnytstvo* [Livestock]. Issue 4 (51), pp. 23–32. (in Ukrainian).
9. Polupan, Yu. P. (2015). Henetychna determinatsiia tryvalosti ta efektyvnosti dovihnoho vykorystannia chorno-riaboi molochnoi khudoby [Genetic determination of the duration and efficiency of lifetime use of Black-and-White dairy cattle]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics]. Issue 49, pp. 120–133. (in Ukrainian).
10. Polupan, Yu. P. (2000). Efektyvnist dovihnoho vykorystannia chervonoj molochnoi khudoby [Effectiveness of the lifetime use of Red dairy cattle]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics]. K.: Agrarian science, Issue 33, pp. 97–105. (in Ukrainian).
11. Polupan, Yu. P. (2013). *Ontogenetychni ta selekciyni zakonirnosti formuvannja gospodars'ky korysnykh oznak molochnoi' hudoby: dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.02.01.* [Ontogenetic and selection regularities of the formation of economically useful traits of dairy cattle: dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.02.01.]. In-t rozvedennja i genetyky tvaryn NAAN [Institute of Animal Breeding and Genetics NAAS]. Chubynske, 694 p. (in Ukrainian).
12. Polupan, Yu. P. (2007). Subiektyvni aktsenty z deiaknykh pytan osnov seleksii ta porodoutvorennia [Subjective accents on some questions about genetic basis of selection and breed formation]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics]. K.: Agrarian science, Issue 41, pp. 194–208. (in Ukrainian).
13. Khmelnychy, L. M. (2002). Morfolohichni oznaky vymeni koriv-pervistok ukrainskoi chor-no-riaboi molochnoi porody [Morphological traits of the udder of first-born cows of Ukrainian Black-and-White dairy breed]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu* [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. *Tvarynnytstvo* [Livestock]. Issue 6, pp. 542–545. (in Ukrainian).
14. Khmelnychy, L. M. (2004). Uspadkovuvannist liniinykh oznak eksterieru [Heritability of linear traits of the conformation]. *Naukovyj visnyk L'viv's'koi' natsion. akad. vet. medycyny im. S. Z. Gzhyc'kogo* [Scientific bulletin of Lviv National Academy of Veterinary Medicine named after S. Z. Gzytskyi]. Lviv, Vol. 6 (3), 5, pp. 58–62. (in Ukrainian).
15. Khmelnychy, L. M. (2018). Uspadkovuvannist ta koreliatsiina minlyvist liniinykh oznak eksterieru koriv-pervistok ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody Cherkashchyny [Heritability and correlational variability of the conformation linear traits of first-born cows of Ukrainian Red-and-White dairy breed in Cherkasy region]. *Naukovo-informacijnyj Visnyk Hersons'kogo derzhavnogo agrarnogo universytetu* [Scientific and informational Bulletin of Kherson State Agrarian University]. Kherson, Issue 11, pp. 73–75. (in Ukrainian).
16. Khmelnychy, L. M., Vechorka, V. V. (2020). Vplyv liniinykh oznak eksterieru na stan molochnoi produktyvnosti koriv-pervistok ukrainskykh chorno-riaboi ta chervono-riaboi molochnykh porid [Influence of the conformation linear traits on the milk productivity state of first-born cows of Ukrainian Black- Red-and-White dairy breeds]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu* [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. *Tvarynnytstvo* [Livestock]. Issue 1 (40), pp. 11–16. (in Ukrainian).
17. Khmelnychy, L. M., Ladyka, V. I., Polupan, Yu. P., Bratushka, R. V., Pryima, S. V., Vechorka, V. V., (2016). Liniina klasyfikatsiia koriv molochnykh i molochno-miasnykh porid za typtom: metodychni vkazivky. 2-e vyd., pererob. i dop. [Linear classification of dairy and dairy-meat cows by type: methodical instructions. Second ed., reworked and ext.]. Sumy: Sumy National Agrarian University, 27 p. (in Ukrainian).
18. Khmelnychy, L. M., Khmelnychy, S. L. (2019). Populiatsiino-henetychni parametry statei budovy tila koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody [Population-genetic parameters of the body structure traits of cows of Ukrainian Black-and-White dairy breed]. *Tehnologija vyrobnytstva i pererobky produktiv tvarynnytstva* [Technology of production and processing of animal husbandry products]. *Zb. naukovykh prac' Bilocerktiv's'kogo NAU* [A collection of scientific works of Bilotserk National University of Science and Technology]. no. 2 (150), pp. 6–13. (in Ukrainian).
19. Khmelnychy, L. M. (2022). Poshuk predyktoriv dovholit'ia dlia koriv molochnoi khudoby [Finding longevity predictors for dairy cows]. *Production and processing technology of animal husbandry products*. *Zbirnyk naukovykh prac'* [Collection of scientific works]. no. 1 (170), pp. 20–37. DOI:10.33245/2310-9289-2022-170-1-20-37. (in Ukrainian).
20. Shevchenko, A. P. (2012). Uspadkovuvannist ta spoluchna minlyvist liniinykh oznak koriv sumskoho

- vnutrishnoporodnoho typu ukraïnskoi chorno-riaboi molochnoi porody [Heritability and correlated variability of cows linear traits of Sumy intrabreed type of Ukrainian Black-and-White dairy breed]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu* [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. *Tvarynyctvo* [Livestock]. Issue 10 (20), pp. 88–90. (in Ukrainian).
21. Eisner, F. F. (1981). *Teoriya i praktika plemennogo dela v skotovodstve* [Theory and practice of breeding in cattle breeding]. K.: Urozhay, 189 p.
22. Alphonsus, C., Akpa, G. N., Oni, O. O., Rekwot, P. I., Barje, P. P. and Yashim, S. M. (2010). Relationship of linear conformation traits with body weight, body condition score and milk yield in Friesian × Bunaji Cows, *Journal of Applied Animal Research*, 38 (1), pp. 97–100. DOI:10.1080/09712119.2010.9707164.
23. Battagin, M., Sartori, C., Biffani, S., Penasa, M., Cassandro, M. (2013). Genetic parameters for body condition score, locomotion, angularity, and production traits in Italian Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, Vol. 96, Issue 8, pp. 5344–5351.
24. Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., Rath, M., Veerkamp, R. F. (2003). Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86, pp. 2193–2204.
25. Berry, D. P., Buckley, R., Dillon, P., Evans, R. D., Veerkamp, R. R. (2004). Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. *Irish J. Agr. Food Res.*, 43, pp. 61–176.
26. Campos, R. V., Cobuci, J. A., Costa, C. N., Neto, J. B. (2012). Genetic parameters for type traits in Holstein cows in Brazil. *R. Bras. Zootec.*, 41, pp. 2150–2161.
27. Campos, R. V., Cobuci, J. A., Kern, E. L., Costa, C. N., McManus, C. M., Campos, R. V. (2015). Genetic Parameters for Linear Type Traits and Milk, Fat, and Protein Production in Holstein Cows in Brazil. *Asian-Australas J Anim Sci.*, 28 (4), pp. 476–484.
28. Dal Zotto, R., De Marchi, M., Dalvit, C., Cassandro, M., Gallo, L., Carnier, P., Bittante, G. (2007). Heritabilities and Genetic Correlations of Body Condition Score and Calving Interval with Yield, Somatic Cell Score, and Linear Type Traits in Brown Swiss Cattle. *Journal of Dairy Science*, Vol. 90, Issue 12, pp. 5737–5743.
29. De Haas, Y., Janss, L. L. G., Kadarmideen, H. N., (2007). Genetic and phenotypic parameters for conformation and yield traits in three Swiss dairy cattle breeds. *J. Anim. Breed. Genet.*, 124 (1), pp. 12–19. DOI:10.1111/j.1439-0388.2007.00630.x.
30. Dechow, C. D., Rogers, G. W., Klei, L., Lawlor, T. J. (2003). Heritabilities and Correlations Among Body Condition Score, Dairy Form and Selected Linear Type Traits. *Journal of Dairy Science*, Vol. 86, Issue 6, pp. 2236–2242.
31. Du Toit, J., Van Wyk, J. B., Maiwashe, A. (2012). Relationships between functional herd life and conformation traits in the South African Jersey breed. *South African Journal of Animal Science*. 42 (no. 1). pp. 47–54.
32. Duru, S., Kumlu, S., Tuncel, E. (2012). Estimation of variance components and genetic parameters for type traits and milk yield in Holstein cattle. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 36 (6), pp. 585–591.
33. Elisandra, L. Kern, Jaime, A. Cobuci, Cláudio, N. Costa, Concepta, M. McManus, Gabriel, S. Campos, Tatiana, P. Almeida, Rafael, V. Campos. (2014). Genetic association between herd survival and linear type traits in Holstein cows under tropical conditions. *Italian J. Animal Science*, 13, 3419 p. Available at: <https://www.tandfonline.com> > ijas.2014.3419.
34. Gibson, K. D., Dechow, C. D. (2018). Genetic parameters for yield, fitness, and type traits in US Brown Swiss dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101 (2), pp. 1–7.
35. Kern, E. L., Cobuci, J. A., Costa, C. N., McManus, C. M., Braccini, N. J. (2015). Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. *Scientia Agricola*, 72 (3), pp. 203–209.
36. Kern, E. L., Cobuci, J. A., Costa, C. N., McManus, C. M., Campos, G. S., Almeida, T. P. and Campos, R. V. (2014). Genetic association between herd survival and linear type traits in Holstein cows under tropical conditions. *Italian J. Animal Science*, 13, 3419 p.
37. Khmelnychy, L., Karpenko, B. (2021). Evaluation and variability of linear classification indicators in their relationship with milk yield of cows of Holstein breed of regional selection. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, Vol. 21, Issue 1, pp. 423–430.
38. Khmelnychy, L., Khmelnychy, S. (2022). Heritability and correlative variability of linear traits of the cows' conformation of Ukrainian Black-and-White dairy breed. Theoretical and practical issues of agrarian science: materials of the International scientific and practical conference, Dnipro, May 18, 2022: edited by A. S. Kobets. Dnipro, Part 1, pp. 187–191.
39. Khmelnychy, L., Vechorka, V., Salohub, A., Khmelnychy, S., Rubtsov, I. (2020). Heritability of traits of the type linear assessment and their genetic association with cow's milk yield of Ukrainian dairy breeds. *Scientific Papers. «Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development»*, Vol. 20 Issue 1, pp. 269–275.
40. Khmelnychy, L., Vechorka, V., Khmelnychy, S., Rubtsov, I., Samokhina, E., Smolyarov, S. (2021). Genetic parameters of linear traits and the effect of cow's final type assessment on the longevity of Ukrainian Black-and-White dairy breed. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, Vol. 21, Issue 1, pp. 413–421.
41. Khmelnychy, L. M., Samokhina, E. A., Khmelnychy, S. L., Karpenko, B. M. (2023). The heritability and correlative variability of linear traits with milk yield of Holstein firstborn cows. Conferința științifico-practică cu participare internațională: "Gestionarea fondului genetic animalier – probleme, soluții, perspectivă" Scientific and practical conference with international participation: «Management of the

genetic fund of animals – problems, solutions, outlooks», 28-30 septembrie [2023, Maximovca]. Maximovca: Print-Caro, pp. 149–155.

42. Ladyka, V. I., Khmelnychi, L. M., Khmelnychi, S. L., Salohub, A. M., Vechorka, V. V. (2020). Association between linear traits of legs and longevity of Ukrainian brown dairy cows. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 30 (2), pp. 312–318. DOI:10.36899/JAPS.2020.2.0046

43. Ladyka, V. I., Khmelnychi, L. M., Khmelnychi, S. L. (2019). Conformation types of brown cattle of Sumy region of Ukraine (Monograph). Lublin, 133 p.

44. Liu, S., Tan, H., Yang, L., Yi, J. (2014). Genetic parameter estimates for selected type traits and milk production traits of Holstein cattle in southern China. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 38, pp. 552–556.

45. Mrode, R. A., Swanson, G. J. T., Lindberg, C. M. (2000). Genetic correlations of somatic cell count and conformation traits with herd life in dairy breeds, with an application to national genetic evaluations for herd life in the united kingdom. *Livestock Production Science*. no. 1–2, pp. 119–130.

46. Novotný, L., Frelich, J., Beran, J., Zavadilová, L. (2017). Genetic relationship between type traits, number of lactations initiated, and lifetime milk performance in Czech Fleckvieh cattle. *Czech J. Anim. Sci.*, 62, pp. 501–510.

47. Nusupov, A. M., Sambetbaev, A. A., Kozhebaev, B. Z., Nurzhanova, K. H., Gorelik, O. V. (2021). A comparison of the milk yield and morphometrics of Irtysh type Simmental cows and their Holstein and Simmental crosses in East Kazakhstan. *Biodiversitas*, 22, pp. 3663–3670.

48. Sabedot, M. A., Romano, G. de S., Pedrosa, V. B., Pinto, L. F. B. (2018). Genetic parameters for type score traits and milk production in Brazilian Jersey herds. *R. Bras. Zootec.*, 47:e20170093. DOI:10.1590/rbz4720170093.

49. Samoré, A. B., Rizzi, R., Rossoni, A., Bagnato, A. (2010). Genetic parameters for functional longevity, type traits, somatic cell scores, milk flow and production in the Italian Brown Swiss. *Ital. J. Anim. Sci.*, 9, pp. 145–152.

50. Špehar, M., Štepec, M., Potočnik, K. (2012). Variance components estimation for type traits in Slovenian Brown Swiss cattle. *Acta agriculturae Slovenica*. 100 (2), pp. 107–115.

51. Tapki, I., Ziya, G. Y. (2013). Genetic and phenotypic correlations between linear type traits and milk production yields of Turkish Holstein dairy cows. *Green. J. Agric. Sci.*, 3 (11), pp. 755–761.

52. Wiggans, G. R., Thornton, L. L. M., Neitzel, R. R., Gengler, N. J. (2006). Genetic parameters and evaluation of rear legs (rear view) for Brown Swiss and Guernseys. *Dairy Sci.*, 89, pp. 4895–4900.

53. Wright, J. R., Wiggans, G. R., Muenzenberger, C. J., Neitzel, R. R. (2013). Genetic evaluation of mobility for Brown Swiss Dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. Received: September 24, 2012; Accepted: December 11, 2012; Published Online: February 11, 2013. DOI:10.3168/jds.2012-6193).

54. Zavadilová, L., Němcová, E., Štípková, M. (2011). Effect of type traits on functional longevity of Czech Holstein cows estimated from a Cox proportional hazards model. *Journal of Dairy Science*, Vol. 94, Issue 8, pp. 4090–4099.

55. Zink, V., Zavadilová, L., Lassen, J., Štípková, M., Vacek, M., Štolc, L. (2014). Analyses of genetic relationships between linear type traits, fat-to-protein ratio, milk production traits, and somatic cell count in first-parity Czech Holstein cows. *Czech J. Anim. Sci.*, 59 (12), pp. 539–547.

Heritability and correlative variability of the conformation linear traits of first-born cows of black-and-white cattle with milk yield.

Khmelnychi L., Karpenko B.

An in-depth analysis the publications of domestic and foreign authors was carried out in the aspect of research on the heritability of linear traits of the conformation type and their correlative variability with milk productivity. The research authors established that the level of existing variability in the heredity of linear traits depends on many genotypic and paratypic factors. However, they argue that despite the variability of traits heritability of dairy cows conformation, their level is generally sufficient for effective selection by linear type traits. Studies on the correlation between linear traits of type and milk productivity of cows of various breeds around the world have shown a high level of this relationship. This testifies about the effectiveness of indirect selection of dairy cattle by type, which will allow obtaining not only constitutionally strong and healthy animals, but also with high milk productivity. The population-genetic aspect of determining the heritability and correlative variability of linear traits with milking of first-born Holstein cows of domestic selection and Ukrainian Black-and-White dairy in the private enterprise "Burynske" of the Podlissiv branch of the Stepaniv territorial community in Sumy district was described. The magnitudes and reliability of the heritability coefficients of group linear traits indicate that they are controlled by the genotype of animals by 24.5–42.2 % in first-born cows of the Holstein breed, and by 26.6–40.1 % in female cows of Ukrainian Black-and-White dairy breed. The final score by type of 48.2 and 45.4 %, respectively, ensures the efficiency selection of cows by genotype. Variability of descriptive traits of Holstein cows ranges from insignificant and unreliable ($h^2=0.084$; location of front teats) to high and reliable ($h^2=0.484$; angularity). In females of the same age of Ukrainian Black-and-White dairy breed, the variability varies from 0.077 (location of rear teats) to 0.422 (angularity). In Holstein and Ukrainian Black-and-White dairy cows, the most reliable relationship was found between the characteristics of the dairy type (0.428 and 0.387), body (0.446 and 0.439), udder (0.486 and 0.478) and, especially, the final type score (0.492 and 0.488), which gives reason to assert about the effectiveness of selection based on these traits. The highest

level of reliable positive correlation with the amount of milk yield for the first lactation was found according to the scores of descriptive traits of Holstein and Ukrainian Black-and-White dairy breeds, respectively: height ($r=0.363$ and 0.322), body depth ($r=0.468$ and 0.484), angularity ($r=0.477$ and 0.466), back width ($r=0.366$ and 0.322), posture of pelvic limbs

($r=0.369$ and 0.374), attachment of front ($r=0.482$ and 0.426) and rear ($r=0.371$ and 0.351) udder parts, central ligament ($r=0.364$ and 0.375) and locomotion ($r=0.363$ and 0.322) at $P<0.001$.

Key words: Holstein, Ukrainian Black-and-White dairy, lineartypeevaluation, conformation, milkyield, first-born cows.



Copyright: Хмельничий Л.М., Карпенко Б.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Хмельничий Л.М.

Карпенко Б.М.

<https://orcid.org/0000-0001-5175-1291>

<https://orcid.org/0000-0002-9942-5863>

УДК 636/636,03:636,2

Природна резистентність та імунологічна відповідь молодняку волинської м'ясної породи за дії пробіотиків

Фарафонов С.Ж.¹ , Борщенко В.В.² , Стахів В.І.³ ,


Милостива Д.Ф.⁴ , Милостивий Р.В.⁴ 

¹ Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України

² Поліський національний університет

³ Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

⁴ Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

 E-mail: mylostivad@i.ua; jeanowich@ukr.net



Фарафонов С.Ж., Борщенко В.В., Стахів В.І., Милостива Д.Ф., Милостивий Р.В. Природна резистентність та імунологічна відповідь молодняку волинської м'ясної породи за дії пробіотиків. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 64–70.

Farafonov S., Borshchenko V., Stakhiv V., Mylostyva D., Mylostyvyy R. Natural resistance and immunological response of young Volyn meat breed to the action of probiotics. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 64–70.

Рукопис отримано: 18.07.2023 р.

Прийнято: 01.08.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-64-70

Для проведення експериментальних досліджень з метою наукового розгляду досліджено природну резистентність та імунологічні реакції новонародженого молодняку волинської м'ясної породи за використання пробіотичних препаратів. Було сформовано три групи тварин: контрольну групу утримували лише на материнському молоці, I група, крім молока корів, отримувала пробіотичний препарат зі штамом *Bacillus Subtilis*, II дослідна група — *Lactobacillus spp.* Активність природної резистентності та імунну реакцію організму досліджували на 5, 10 та 30 добу експерименту. Рівень неспецифічної природної резистентності визначали за показниками бактерицидної, лізоцимної, фагоцитарної та комплементарної активності сироватки крові, імунологічну відповідь — за концентрацією в крові імуноглобулінів класів G, M, A. Починаючи з 5 доби життя, спостерігали відмінності у неспецифічній резистентності тварин контрольної та дослідних груп. В окремі вікові періоди пробіотичні добавки мали різний ступінь впливу на природну резистентність молодняку. Найбільша різниця у бік зростання у таких показниках неспецифічної резистентності, як бактерицидна та комплементарна активність сироватки крові спостерігалась за впливу пробіотичної добавки *Bacillus Subtilis* (I дослідна група), а показники лізоцимної та фагоцитарної активності сироватки крові були більшими за дії *Lactobacillus spp.* (II дослідна група). Різниця між показниками бактерицидної активності крові за дії *Lactobacillus spp.*, порівняно з контролем, була у віці 30 діб (16,85 %, $P<0,01$), а за дії *Bacillus Subtilis* — у віці 60 діб (25,49 %, $P<0,001$). Лізоцимна активність сироватки крові була вищою у 60-добових тварин (27,20 %, $P<0,001$), у II дослідній групі — у 30-добових телят (19,16 %, $P<0,01$). Рівень фагоцитарної та комплементарної активності крові був найвищим у віці 60 діб в I дослідній групі — на 17,17 % ($P<0,001$) та 32,57 % ($P<0,001$), в II дослідній групі — на 23,20 % ($P<0,001$) та 36,34 % ($P<0,001$), відповідно. Щодо концентрації імуноглобулінів, найбільші зміни у їх показниках спостерігались у групі, яка отримувала *Lactobacillus spp.* Додавання до раціону молодняку пробіотичних штамів бактерій позитивно впливає на становлення природної резистентності та імунної відповіді організму, що в подальшому сприятиме зменшенню рівня захворюваності молодняку.

Ключові слова: телята, пробіотики, штами бактерій, мікроорганізми, імуноглобуліни, неспецифічна резистентність організму, Т-лімфоцити, фагоцитарна активність, бактерицидна активність сироватки крові.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Складний мікробіом, що колонізує шлунково-кишковий тракт жуйних тварин, відіграє важливу роль у розвитку імунної системи, засвоєнні поживних речовин та обміні речовин. Розуміння механізмів колонізації мікробіотою шлунково-кишкового тракту у початковому періоді життя жуйних тварин має позитивний вплив на здоров'я та продуктивність тварини в подальшому. Мікроорганізми швидко колонізують шлунково-кишковий тракт після народження тварини і поступово перетворюються на складний мікробний симбіоз, що дає можливість змінювати мікросередовище шлунково-кишкового тракту для покращення здоров'я та росту новонароджених і, можливо, викликати тривалі ефекти у дорослих жуйних тварин.

Жуйні тварини є важливою частиною глобального сільськогосподарства, оскільки від них отримують основні харчові продукти — молоко та м'ясо. Хвороби молодняку жуйних тварин з високими показниками смертності є постійною проблемою, що завдає серйозних економічних збитків сільському господарству.

Історично склалося так, що антибіотики відігравали життєво важливу роль у профілактиці шлунково-кишкових захворювань і використовувалися як стимулятори росту сільськогосподарських тварин [6, 9]. Залишки антибіотиків у харчових продуктах та зростаюча стійкість бактерій до антибіотиків стали гострою проблемою тваринництва. Як наслідок, використання антибіотиків у тваринництві поступово зменшувалось: Європейський союз заборонив використання антибіотиків як стимуляторів росту у 2006 р., а Швеція заборонила використання антибіотиків у тваринництві ще у 1986 р. [3].

Застосування терапевтичних антимікробних препаратів може негативно впливати на здоров'я жуйних тварин через збільшення великої кількості генів, асоційованих зі стійкістю до катіонних антимікробних пептидів і бета-лактамів, і затримання у розвитку різноманітності та стабільності мікробіому шлунково-кишкового тракту молодняку [10].

Сьогодні перспективним напрямом підвищення життєздатності та збереження молодняку сільськогосподарських тварин та птиці є застосування пробіотиків у технології їх вирощування, причому як в умовах промислових комплексів, так і у фермерських господарствах. Пробіотики, що класифікуються як альтернатива антибіотикам, є живими мікроорганізмами, які використовують у годівлі тварин у відповідних кількостях для покращення

здоров'я та продуктивності худоби та молодняку. Мікроорганізмами, що найчастіше використовуються як пробіотики, є молочнокислі бактерії, насамперед штами *Lactobacillus spp.* та *Bifidobacterium spp.* Препарати мікробного походження активізують процеси травлення, діяльність шлунково-кишкового тракту, нормалізують обмінні процеси в організмі, посилюють реакцію неспецифічного імунітету, внаслідок чого підвищується продуктивність тварин, зростає збереження поголів'я, ефективність виробництва продукції тваринництва, підвищується засвоєння корму [4].

А. Н. Dar та J. D. Quigley відзначали, що у групах тварин, які отримували пробіотичні добавки, жива маса була більшою [5, 14]. S.M. Ghoreishi та Y. Wu у свої дослідженнях показали сприятливий вплив окремих мікробіологічних препаратів на розвиток мікробіоти кишківника і зведення до мінімуму захворювання телят до кишкових інфекцій протягом перших 4 тижнів життя [7, 16]. Пробіотики також мають вплив на покращення засвоєваності сухої речовини, енергії, сирого протеїну та амінокислот і збільшують біодоступність мінералів у кишківнику [17]. Крім того, пробіотики продукують водорозчинний вітамін групи B, який може покращити метаболізм поживних речовин у кишківнику [16]. Ці результати також включають поліпшення маси тіла та зниження частоти діареї [9].

Після початкової колонізації мікробіомом для розвитку ШКТ та дозрівання імунної системи необхідний постійний вплив специфічних мікроорганізмів. Мало того, на ранню структуру мікробного середовища шлунково-кишкового тракту здебільшого має вплив материнська мікробіота, зміна раціону, вік тварин.

Згодом, з віком телят, природна резистентність організму дещо знижується, а активність гуморальних факторів значно зростає. У ранній постнатальний період онтогенезу відзначається, що до 80% Т-лімфоцитів — це кілерні клітини, 20% становлять Т-хелпери та Т-супресори. Такої кількості імунорегуляторних клітин не вистачає для утворення достатнього рівня власних антитіл. Колостральні імуноглобуліни блокують антигени, що надходять, і клітинна ланка імунної системи, відповідальна за утворення власних імуноглобулінів різних класів, до кінця не сформована [7].

У перші дні життя телят особлива увага приділяється формуванню імунітету, який повністю залежить від якості молозива і, що також вкрай важливо, термінів його випоювання. Якість молозива, своєю чергою, безпосередньо залежить від якості годівлі корови, повноцінності

її раціону, тому при формуванні імунної системи необхідно вводити відповідні імуномодельючі препарати, які підвищують імунну реакцію організму [1]. За даними деяких дослідників доведено, що телята м'ясних порід, які не отримали якісного молозива відразу після народження, мають у 3 рази більше шансів захворіти вже в перші тижні життя та у 5 разів більше шансів померти в ході розвитку, порівняно з телятами, які отримують якісне молозиво вчасно [12].

Універсальним носієм пасивного імунітету є IgG. Концентрація Ig — найважливіший імунобіологічний показник якості молозива. У період колострогенезу, за 3–10 днів до отелення, антитіла IgG-ізо типу (переважно IgG1) із сироватки крові селективно концентруються в секреті молочної залози за допомогою внутрішньоклітинного транспортного механізму через рецептори на альвеолярних епітеліальних клітинах, тим самим забезпечуючи їх високий вміст у молозиві першого надою. IgG1, як переважаючий ізо тип у молозиві корів, становить 85–90 % загальної кількості Ig [2]. Рівень Ig у сироватці крові новонароджених телят визначає у цей період їх імунний статус та ступінь захисту від несприятливих факторів, які впливають на формування імунного статусу. IgG проникає із сироватки крові через альвеолярний епітелій молочної залози в останні дні третього триместру тільності. Селективний транспорт IgG у сироватці крові через альвеолярний епітелій вимені є функцією Fc-фрагменту молекули IgG. Велика кількість IgG молозива захоплюється і переміщується у великих внутрішньоцитоплазматичних везикулах спеціалізованих клітин, розташованих у верхній частині тонкого відділу кишківника, для передачі в циркулюючу систему новонародженого у незмінному вигляді [15].

Повне засвоєння імуноглобулінів, що надходять в організм теляти з молозивом, можливе лише протягом 24–36 годин після народження. Це пов'язано із припиненням роботи ентероцитів, що виконують секреторну функцію, яка полягає у здатності продукування метаболітів та ферментів, необхідних для термінального травлення. Так, через 6 годин після народження, з молозива абсорбується вже 65–70 % антитіл, а після 24 годин — всього 10–12 %. У білковій фракції молозива великої рогатої худоби присутні ті ж імуноглобуліни, що й у сироватці крові (IgM, IgA, IgG, IgE, IgD). При цьому IgM, що становить близько 7 % колостральних Ig, переважає безпосередньо в крові, служить первинним захисним механізмом проти септицемії, фіксує комплемент

і є основним носієм аглютинуючих антитіл. Його концентрація зростає, коли організм зазнає впливу антигену, що відбувається при первинній інфекції. Секреторна форма IgA, що становить близько 5 % колостральних Ig, захищає поверхню слизових оболонок, включаючи слизову оболонку кишківника, від проникнення патогенів та їх колонізації на поверхні епітелію [2, 11, 13].

Крім дозрівання клітин кишківника, до факторів зниження поглинання імуноглобулінів можна віднести вироблення травних ферментів. Водночас ферментативні кормові добавки покращують мікрофлору шлунково-кишкового тракту, сприяючи при цьому засвоєнню перетравності кормів, нейтралізують токсини і прямий антибактеріальний вплив, стимулюючи імунітет, чим підвищують рівень вмісту імуноглобулінів [8].

Мета та актуальність спрямовані на встановлення впливу застосованих пробіотичних добавок на рівень природної резистентності, імунологічний статус м'ясних телят перших місяців життя.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводили на телятах волинської м'ясної породи віком 5–30 днів СТЗОВ «Зоря» Ковельського району Волинської області. Тварини були підібрані за принципом парних аналогів з урахуванням породності, віку, живої маси та клініко-фізіологічного стану. Тривалість дослідження становила 60 днів.

Молодняк поділили на три групи (n=8): контрольна отримувала молоко від корів-годовниць, I дослідна група отримувала *Bacillus Subtilis*, II дослідна група — *Lactobacillus spp.* Пробіотичні препарати телятам дослідних груп давали шляхом випоювання. Добову дозу згодовували у два прийоми — вранці та ввечері за наступною схемою: з 5 по 30 день — з розрахунку 15 г на гол./добу; з 31 по 60 день — 20 г на гол./добу. Кров для дослідження брали від телят контрольної та дослідних груп вранці до годівлі, до початку експериментальних досліджень, на 5, 30 та 60 добу життя телят. Забір крові у телят проводився одноразово. Кров брали з яремної вени звичайним методом у пробірки по 3–4 мл, до яких попередньо вносили по 1 краплі консерванту (для запобігання розвитку мікрофлори). Проби зберігали за температури 4 °C.

Для визначення рівня природної резистентності тварин визначали бактерицидну активність сироватки крові (БАСК), лізоцимну активність сироватки крові (ЛАСК), фагоцитарну активність сироватки крові (ФАСК) та компліментарну активність сироватки крові

(КАСК). Визначення БАСК проводили фотонелеметричним методом модифікації із застосуванням тест-культури *Escherichia coli*; ЛАСК — фотоелектроколориметричним методом із використанням тесткультури *Micrococcus lysodeikticus*; ФАСК — з використанням тест-культури *Staphylococcus albus*.

Визначення концентрації імуноглобулінів класів G, M, A проводили методом дискретного осадження.

Статистичну обробку одержаного цифрового матеріалу проводили з використанням пакету програм Microsoft Excel. Визначали середню величину ознаки (M), помилку середньої арифметичної (m). Достовірність відмінностей одного і того ж показника, отриманого в різних групах, оцінювали за критерієм Стьюдента, призначеного для малих вибірок. Різницю показань вважали достовірною при P<0,05.

Результати дослідження та обговорення.

Як відомо, основними параметрами природної (неспецифічної) резистентності організму молодняка великої рогатої худоби є лізоцимна, бактерицидна, фагоцитарна та комплементарна активність сироватки крові. Саме у віці перших 60 днів у молодняка великої рогатої худоби формується імунітет. Тому вибраний для дослідження вік телят (5, 30 та 60 днів) відображає механізми формування природної резистентності та імунного захисту організму. Дані таблиці 1 вказують на те, що з віком телят показники неспецифічної резистентності підвищувались, і максимального значення набували у віці 1,5–2 місяці. Так, БАСК у телят 60-добового віку збільшувалась на 18,3 %, порівняно з 5-денними; ЛАСК — на 13,9 %; КАСК — на 5,9%.

Неспецифічна резистентність організму молодняка залежить від фагоцитарної активності сироватки крові. Величина цього показника в організмі телят певною мірою також варіювала у бік зростання, залежно від застосування зазначеної пробіотичної кормової добавки.

Результати проведених досліджень показали, що, починаючи з 5 доби життя, спостерігалась різниця у неспецифічній резистентності тварин контрольної та дослідних груп. Так, рівень БАСК, як комплексного показника, обумовленого сумою дії всіх протимікробних компонентів, у I дослідній групі був на 18,3 % (P<0,01) та 13,4 % (P<0,01) більшим, у II дослідній групі — на 13,9 % (P<0,01) та 16,9 % (P<0,01). Інші показники природної резистентності також підвищувались: ЛАСК — на 16,8 % (P<0,01) та 17,2 % (P<0,01); ФАСК — на 14,6 % (P<0,01) та 16,4 % (P<0,01) та КАСК — на 25,5 % (P<0,001) та 24,8 % (P<0,001).

У віці 30 днів також спостерігалось підвищення неспецифічної резистентності: за дії *Bacillus Subtilis* БАСК була вищою на 13,9 % (P<0,01), за впливу *Lactobacillus spp.* — 16,9 % (P<0,001). Відповідно, ЛАСК — на 19,2 % (P<0,01) та 22,3 % (P<0,01); ФАСК — на 15,4 % (P<0,001) та 14,4 % (P<0,001); КАСК — на 26,0 % (P<0,001) та 24,8 % (P<0,001).

У віці 60 днів також спостерігались зміни у показниках неспецифічної резистентності крові в дослідних групах телят. У I дослідній групі показник БАСК був вищим на 25,5 % (P<0,001), у II — на 16,7 % (P<0,001). Лізоцимна активність сироватки крові телят дослідних груп зростала на 18,5 % (P<0,001) та 27,2 % (P<0,001).

Таблиця 1 – Показники неспецифічної природної резистентності організму телят за впливу пробіотиків

Показники природної резистентності	Вік телят	Групи тварин, (n=8)		
		Контрольна	I дослідна	II дослідна
БАСК, %	5	31,60±0,428	37,38±0,847**	35,84±0,567**
	30	33,88±0,487	36,83±0,456**	39,59±0,485***
	60	37,38±0,277	46,91±0,759***	43,61±0,501***
ЛАСК, %	5	10,49±0,214	12,25±0,256**	12,29±0,171**
	30	10,70±0,262	12,75±0,290**	13,09±0,505**
	60	11,95±0,112	14,16±0,203***	15,12±0,237***
ФАСК, %	5	31,30±0,473	35,86±0,383**	36,44±0,521**
	30	31,51±0,276	35,64±0,355***	36,37±0,518***
	60	31,98±0,241	37,66±0,353***	39,40±0,286***
КАСК, %	5	21,56±0,171	27,05±0,528***	26,91±0,235***
	30	22,10±0,315	27,84±0,519***	27,59±0,313***
	60	22,84±0,210	30,28±0,726***	31,14±0,775***

*-P<0,05; **-P<0,01; ***-P<0,001

Зазначена активність ЛАСК дослідних груп пояснюється активною продукцією лізоциму моноцитами, макрофагами та виходом його з гранул нейтрофільних лейкоцитів.

Фагоцитарна активність гуморальної ланки неспецифічної резистентності організму телят дослідних достовірно була вищою, порівняно з контролем, на 17,8 % ($P<0,001$) та 23,2 % ($P<0,001$).

Також відомо, що комплемент активізує дію антитіл, що захищають організм тварин від розвитку інфекційних та інвазійних хвороб. Цей показник у сироватці крові тварин дослідних груп 60-добового віку за впливу пробіотичних добавок змінювався у бік зростання на 32,6 % ($P<0,001$) та 36,3 % ($P<0,001$).

У жуйних тварин пасивний імунітет формується виключно за рахунок споживання молозива, оскільки плацента, в якій епітелій хоріону перебуває у прямому контакті з тканинами матки, перешкоджає передаванню Ig від матері до плоду. Телята народжуються без Ig, які вони отримують із молозивом після народження. Також було доведено вплив пробіотичних добавок на вміст імуноглобулінів у сироватці крові телят (таблиця 2).

концентрація Ig M у тварин I дослідної групи підвищувалась на 42,1 % ($P<0,01$), а у II дослідної групи — на 45,6 % ($P<0,01$).

Рівень Ig M у сироватці крові 30-добових телят II дослідної групи збільшився на 50,3 % ($P<0,001$), а у I дослідній групі — на 28,7 % ($P<0,01$), порівняно з контролем.

У наших дослідженнях рівень Ig A у 30-добових телят збільшився на 39,6 %, у порівнянні з 5-добовим віком. У I дослідній групі у віці 5 днів концентрація Ig A збільшилась на 28,6 % ($P<0,001$), а у II дослідній групі — на 27,5 % ($P<0,001$). Відповідна картина була і на 30 добу: зростання Ig A спостерігалось на 23,2 % ($P<0,001$) та 34,6 % ($P<0,001$) у I та II дослідних групах, відповідно.

Отримані результати позитивного впливу пробіотичних добавок можна пояснити тим, що у товстому кишківнику починають колонізуватися пробіотичні штами та корисні бактерії, такі як ацидофільні лактобацили. Це призводить до зміни популяції корисних мікроорганізмів при одночасному пригніченні чисельності шкідливих бактерій. Крім того, виробництво летких жирних кислот бактеріями може підвищувати ефективність викори-

Таблиця 2 – Вміст імуноглобулінів у крові телят за впливу пробіотиків

Імуноглобуліни	Вік телят	Групи тварин		
		Контрольна	I дослідна	II дослідна
Ig G,	5	9,44±0,218	11,89±0,278**	12,64±0,368**
	30	15,16±0,215	22,56±0,474***	23,13±0,614***
Ig M	5	2,59±0,063	3,68±0,194**	3,77±0,098***
	30	3,62±0,061	4,66±0,168**	5,44±0,104***
Ig A	5	1,82±0,040	2,34±0,034***	2,32±0,025***
	30	2,54±0,041	3,13±0,018***	3,42±0,034***

*- $P<0,05$; **- $P<0,01$; ***- $P<0,001$

Згідно з нашими даними, концентрація Ig G у крові контрольних телят з 10 по 30 добу життя підвищувалась на 75,9 %, що свідчить про становлення колострального імунітету. У сироватці крові дослідних груп також спостерігалось значне зростання рівня цього імуноглобуліну. На 10 добу життя у I дослідній групі Ig G підвищувався на 58,8 % ($P<0,001$), у II групі — на 42,8 % ($P<0,01$). У віці 30 днів Ig G зростав на 36,1 % ($P<0,01$) та 60,8 % ($P<0,001$). Аналогічні зміни у тварин спостерігалися і за вмістом інших імуноглобулінів.

У міру зростання тварин спостерігалось підвищення рівня Ig M на 39,8 %. У той же час відбувалося закономірне підвищення вмісту у сироватці крові дослідних груп тварин концентрації Ig M, залежно від використання зазначених пробіотичних добавок. Так, у віці 5 днів

стання енергії та змінювати морфологію кишківника. Надалі спостерігалось, що телята, які отримували пробіотичні добавки, не мали шлунково-кишкових розладів, легеневих захворювань за рахунок підвищення як природної резистентності, так і імунної ланки організму. Також телята дослідних груп мали більші прирости живої маси за рахунок покращення роботи органів травлення, особливо рубця.

Висновки. Під час дослідження впливу застосованих пробіотичних добавок на новонароджений молодняк волинської м'ясної породи було виявлено позитивні зміни щодо природної резистентності організму телят. В окремі вікові періоди пробіотичні добавки мали різний ступінь впливу на природну резистентність молодняку. Різниця між показниками бактерицидної активності крові за дії *Lactobacillus spp.*,

порівняно з контролем, була у віці 30 діб (16,9 %, $P < 0,01$), а за дії *Bacillus Subtilis* — у віці 60 діб (25,5 %, $P < 0,001$). Відповідно, лізоцимна активність сироватки крові молодняку була вищою у 60-добових тварин (27,2 %, $P < 0,001$), в II дослідній групі — у 30-добових телят (19,2 %, $P < 0,01$). Рівень фагоцитарної та комплементарної активності крові був найвищим у віці 60 діб в I дослідній групі — на 17,2 % ($P < 0,001$) та 32,6 % ($P < 0,001$), в II дослідній групі — на 23,2 % ($P < 0,001$) та 36,3 % ($P < 0,001$), відповідно. Рівень імуноглобулінів в усі вікові періоди був вищим у II дослідній групі (за дії *Lactobacillus spp.*).

REFERENCES

1. Abuelo, A., Cullens, F., Hanes, A. (2021). Impact of 2 Versus 1 Colostrum Meals on Failure of Transfer of Passive Immunity, Pre-Weaning Morbidity and Mortality, and Performance of Dairy Calves in a Large Dairy Herd. *Animals (Basel)*. Vol. 11, Issue 3, 782 p. DOI:10.3390/ani11030782.
2. Ahmann, J., Steinhoff-Wagner, J., Büscher, W. (2021). Determining Immunoglobulin Content of Bovine Colostrum and Factors Affecting the Outcome: A Review. *Animals (Basel)*. Vol. 11, Issue 12, 3587 p. DOI:10.3390/ani11123587.
3. Casewell, M., Friis, C., Marco, E. (2003). The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *J Antimicrob Chemother*, Vol. 52, Issue 2, pp.159–161. DOI:10.1093/jac/dkg313.
4. Cull, C., Singu, V. K., Cull, B. J. (2022). Efficacy of *Lactobacillus animalis* and *Propionibacterium freudenreichii*-Based Feed Additives in Reducing Salmonella-Associated Health and Performance Effects in Commercial Beef Calves. *Antibiotics (Basel)*. Vol. 11, Issue 10, 1328 p. DOI:10.3390/antibiotics11101328.
5. Dar, A. H., Singh, S. K., Rahman, J. U. (2022). The effects of probiotic *Lactobacillus acidophilus* and/or prebiotic mannan oligosaccharides on growth performance, nutrient utilization, blood metabolites, faecal bacteria, and economics of crossbred calves. *Iran J Vet Res*, Vol. 23, Issue 4, pp. 322–330. DOI: 10.22099/IJVR.2022.42992.6259.
6. Fomenky, B. E., Do, D. N., Talbot, G. (2018). Direct-fed microbial supplementation influences the bacteria community composition of the gastrointestinal tract of pre- and post-weaned calves. *Sci Rep*. Vol. 8, Issue 1, 14147 p. DOI:10.1038/s41598-018-32375-5.
7. Ghoreishi, S. M., Nouri, M., Rasooli, A. (2015). Effect of orally administered cisapride, bethanechol, and erythromycin on the apparent efficiency of colostrum IgG absorption in neonatal Holstein-Friesian calves. *J Vet Intern Med.*, Vol. 29, Issue 2, pp. 714–720. DOI:10.1111/jvim.12539.
8. Karamzadeh-Dehaghani, A., Towhidi, A., Zhandi, M. (2021). Combined effect of probiotics and specific immunoglobulin Y directed against *Escherichia coli* on growth performance, diarrhea incidence, and immune system in calves. *Animal*. Vol. 15, Issue 2, pp. 100–124. DOI:10.1016/j.animal.2020.100124.
9. Lu, Q., Niu, J., Wu, Y. (2022). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on growth, incidence of diarrhea, serum immunoglobulins, and rectal microbiota of suckling dairy calves. *Livest Sci*. Vol. 258, 104875 p. DOI:10.1016/j.livsci.2022.104875.
10. Ma, T., Villot, C., Renaud, D. (2020). Linking perturbations to temporal changes in diversity, stability, and compositions of neonatal calf gut microbiota: prediction of diarrhea. *ISME J.*, Vol. 14, Issue 9, pp. 2223–2235. DOI:10.1038/s41396-020-0678-3.
11. Martin, P., Vinet, A., Denis, C. (2021). Determination of immunoglobulin concentrations and genetic parameters for colostrum and calf serum in Charolais animals. *J Dairy Sci.*, Vol. 104, Issue 3, pp. 3240–3249. DOI:10.3168/jds.2020-19423.
12. McGee, M., Earley, B. (2019). Review: passive immunity in beef-suckler calves. *Animal*. Vol. 13, Issue 4, pp. 810–825. DOI:10.1017/S1751731118003026.
13. Novak, K. N., Davis, E., Wehnes, C. A. (2012). Effect of supplementation with an electrolyte containing a *Bacillus*-based direct-fed microbial on immune development in dairy calves. *Res Vet Sci*. Vol. 92, Issue 3, pp. 427–434. DOI: 10.1016/j.rvsc.2011.04.008.
14. Quigley, J. D., Hill, T. M., Deikun, L. L. (2017). Effects of amount of colostrum replacer, amount of milk replacer, and housing cleanliness on health, growth, and intake of Holstein calves to 8 weeks of age. *J Dairy Sci.*, Vol. 100, Issue 11, pp. 9177–9185. DOI:10.3168/jds.2017-12784.
15. Roodposhti, P. M., Dabiri, N. (2012). Effects of probiotic and prebiotic on average daily gain, fecal shedding of *Escherichia coli*, and immune system status in newborn female calves. *Asian-Australas J Anim Sci.*, Vol. 25, Issue 9, pp. 1255–1261. DOI:10.5713/ajas.2011.11312.
16. Wu, Y., Wang, L., Luo, R. (2021). Effect of a Multispecies Probiotic Mixture on the Growth and Incidence of Diarrhea, Immune Function, and Fecal Microbiota of Pre-weaning Dairy Calves. *Front Microbiol*. Vol. 14, Issue 12, 681014 p. DOI:10.3389/fmicb.2021.681014.
17. Várhidi, Z., Máté, M., Ózsvári, L. (2022). The use of probiotics in nutrition and herd health management in large Hungarian dairy cattle farms. *Front Vet Sci*. Vol. 9, 957935 p. DOI:10.3389/fvets.2022.957935.

Natural resistance and immunological response of young Volyn meat breed to the action of probiotics

Farafonov S., Borshchenko V., Stakhiv V., Mylostyva D., Mylostyvyi P.

To investigate the response of natural resistance and immunological reactions of newborn young animals of the Volyn beef breed to the use of probiotic preparations. To conduct experimental research, three groups were formed from young Volyn meat breeds:

the control group was fed only on mother's milk, the first group received a probiotic preparation with *Bacillus Subtilis* strain in addition to cow's milk, the second experimental group — *Lactobacillus spp.* The activity of natural resistance and the body's immune response were studied on the 5th, 10th, and 30th day of the experiment. The level of nonspecific natural resistance was determined by indicators of bactericidal, lysozyme, phagocytic, and complementary activity of blood serum, and the immunological response was determined by the concentration of immunoglobulins of classes G, M, and A in the blood. It was established that starting from the 5th day of life, a difference in the nonspecific resistance of control and experimental animals was noted groups In separate age periods, probiotic supplements had a different degree of influence on the natural resistance of young animals. The greatest difference in the direction of growth in such indicators of non-specific resistance as bactericidal and complementary activity of blood serum was noted under the influence of the probiotic supplement *Bacillus Subtilis* (I experimental group), and indicators of lysozyme and phagocytic activity of blood serum were greater

under the action of *Lactobacillus spp.* (II experimental group). The difference between indicators of bactericidal activity of blood under the action of *Lactobacillus spp.* in comparison with the control was at the age of 30 days (16.85 %, $P < 0.01$), and under the action of *Bacillus Subtilis* — at the age of 60 days (25.49 %, $P < 0.001$). The level of phagocytic and complementary blood activity was the highest at the age of 60 days in the I experimental group — by 17.17 % ($P < 0.001$) and 32.57 % ($P < 0.001$), in the II experimental group — by 23.20 % ($P < 0.001$) and 36.34 % ($P < 0.001$), respectively. Regarding the concentration of immunoglobulins, the largest changes in their indicators were noted in the group that received *Lactobacillus spp.* Addition of probiotic strains of bacteria to the diet of young animals has a positive effect on the natural resistance and immune response of the body, which in the future will contribute to reducing the level of morbidity in young animals.

Key words: calves, probiotics, bacterial strains, microorganisms, immunoglobulins, non-specific resistance of the organism, T-lymphocytes, phagocytic activity, bactericidal activity of blood serum.



Copyright: Фарафонов С.Ж. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Фарафонов С.Ж.

Борщенко В.В.

Стахів В.І.

Милостива Д.Ф.

Милостивий Р.В.

<https://orcid.org/0000-0002-0000-2562>

<https://orcid.org/0000-0002-0710-5628>

<https://orcid.org/0000-0002-8393-1120>

<https://orcid.org/0000-0002-3609-776X>

<https://orcid.org/0000-0002-4450-8813>

UDK 639.122.09:612.111

Fatty acid composition of quail blood erythrocyte membranes under condition of feeding sodium selenite and nanoselenium

Tsekhmistrenko O. , Shulko O. , Gayuk N. , Onyshchenko L. *Bila Tserkva national agrarian university*

Correspondent author: Tsekhmistrenko Oksana E-mail: tsekhmistrenko-oksana@ukr.net



Цехмістренко О. С., Шулько О. П., Гаюк Н. В., Онищенко Л. С. Жирнокислотний склад мембран еритроцитів крові перепелів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 71–77.

Tsekhmistrenko O., Shulko O., Gayuk N., Onyshchenko L. Fatty acid composition of quail blood erythrocyte membranes under condition of feeding sodium selenite and nanoselenium. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 71–77.

Рукопис отримано: 15.09.2023 р.

Прийнято: 29.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-71-77

Infectious diseases are a significant problem in poultry farming, because they significantly slow down the growth rate of the industry and lead to losses. For the productive development of the industry and the avoidance of danger to the health of consumers due to the uncontrolled use of these drugs, it is worth using alternative methods of protecting poultry and improving the quality of the obtained products, in particular drugs obtained by nanotechnological means. Nowadays, nanoparticles of various minerals are used in poultry farming, the mineral antagonism of which is reduced in the intestines, compared to preparations of the usual size, which contributes to the modulation of absorption mechanisms, optimization of the immune response, and increased efficiency of digestion.

Oxidative stress is a harmful factor for cellular integrity due to the constant release of reactive forms of oxygen. Se is widely used as a supplement to reduce oxidative stress. The element is found in organic and inorganic compounds, replaces Sulfur in protein molecules and is an important part of selenoproteins. Se is known for its antioxidant activity, plays a major role in optimizing redox potential, reproductive processes, hormone metabolism, muscle development, and anticarcinogenesis. Nano-Se results in higher Se retention activity due to smaller size and greater bioavailability.

Biogenic selenium nanoparticles (SeNPs), synthesized with the participation of bacteria, have unique physicochemical and biological properties compared to inorganic and organic compounds, and nanoselenium-enriched probiotic bacteria can be effectively used as an alternative to other forms of selenium as food and feed additives.

The work compared the composition of fatty acids of lipids extracted from erythrocytes of quail blood, which were injected with sodium selenite and pro-oxidant nano-Se. With the introduction of nanoselenium, a decrease in the level of NFAs was noted, as well as a significant increase in the level of the main PUFAs. The lack of compensatory accumulation of docosapolyene fatty acids in the cell membranes of erythrocytes of birds of the 2nd group can be considered as a factor of the beneficial effect of the administered drug, as well as as a justification for the need to prescribe complex drugs to birds capable of modulating the fatty acid composition of cell membranes. The effectiveness of using a complex nanopreparation consists in normalizing the level of fatty acids and restoring their metabolism at the stage of eicosanoid formation.

Key words: fatty acids, quails, peroxide oxidation, selenium, sodium selenite, nanoselenium, nanoparticles, lipids.

Problem statement and analysis of recent research. Infectious diseases are a significant problem today in poultry farming, because they significantly slow down the growth rate of the industry and lead to losses. Vaccines and antibiotics, which are currently used to fight pathogenic microorganisms, can pose a danger to the health of consumers due to the uncontrolled use of these drugs. For the productive development of the poultry industry, it is worth using alternative methods of poultry protection and improving the quality of the obtained products, in particular drugs obtained by nanotechnology [5].

Currently, poultry farming uses nanoparticles of various minerals (Argentum, zinc oxide [5], cerium dioxide, copper [27], Ferrum, Selenium [5]), the potential of which has not yet been fully utilized due to insufficient knowledge. Mineral compounds are scarcely available from a biological point of view for animals, and in the nanoform, mineral antagonism in the intestines is reduced, which contributes to the modulation of absorption mechanisms, optimization of the immune response of the bird's body and increased digestion efficiency [25], reduction of cases of early embryonic mortality [16].

Nanomaterials, as biosensors, are used to obtain information about the course of various types of metabolism in tissues and cells, and thanks to the ultra-sensitive determination of the content of nutrients, their metabolites, and the activity of biologically active compounds, they increase the understanding of the nature of the interaction of these substances [16], their bioavailability, and food evaluation of the obtained products [25].

Nanoparticles (NPs) enter the body from food or water and through parenteral administration of nanopreparations [20]. Their bioavailability usually decreases when passing through the gastrointestinal barriers, intestinal mucosa and liver, and with direct introduction into the systemic circulation by parenteral injections, bioavailability is 100%. Depending on the size, nanoparticles can transit through the digestive tract without being absorbed by the body, or penetrate through the intestine and reach organs and tissues with the blood flow [23]. In monogastric animals, the mechanism of conversion of nanosized Se preparations into selenite assumes that the intestinal microbiota converts nano-Se into selenite, Se-phosphate or H₂Se, which ultimately leads to the synthesis of selenoproteins [20].

Addition of nanosilver and inorganic Se to the diet does not cause weight gain, feed consumption and changes in feed conversion ratio, but increases relative weight of liver and small intestine ($p < 0.05$) of broilers [23]. Feeding Selenium

nanoaquachelates with vitamin E had a positive effect on calcium-phosphorus metabolism in laying hens.

There are data on the effect of Selenium on enterocytes [14], in particular its effect on the reduction of intestinal tumorigenesis in multiple intestinal neoplastic mutations. Selenium supplementation can be hypothesized to have some effect on intestinal growth, including cellular differentiation of the intestinal mucosal epithelium. An important effect of Selenium on breeding chickens due to increased resistance to oxidative stress [12] and increased resistance and immunological status of the organism was revealed. There are reports that, in addition to having a positive effect on intestinal morphology, Selenium is able to improve the composition of the intestinal microbiota and act as an antioxidant.

Oxidative stress is a detrimental factor for cellular integrity due to the constant release of reactive oxygen species mediated by various biotic (bacteria, viruses, fungi, etc.) and abiotic stressors. Such a trace element as Selenium with a powerful antioxidant potential is widely used as a feed additive to reduce oxidative stress in living systems [3; 8; 11]. Selenium is widely found in organic and inorganic compounds [8]. It replaces Sulfur in protein molecules and is an important part of a number of enzymes (selenoproteins). Se is mainly known for its antioxidant activity and plays a major role in redox potential optimization, reproductive processes, thyroid hormone metabolism, muscle development, and anticarcinogenesis [18]. Nano-Se results in higher Se retention activity due to smaller size and greater bioavailability [15]. Glutathione peroxidase is the first selenoprotein discovered in biological systems with antioxidant activity [8].

Biogenic selenium nanoparticles (SeNPs), synthesized with the participation of bacteria, have unique physicochemical and biological properties compared to inorganic and organic compounds. Nanoselenium-enriched probiotic bacteria can be effectively used as an alternative to other forms of selenium as food and feed additives [28].

It has been established that biogenic selenium nanoparticles affect the redox-sensitive transcription factor Nrf2 (Keap1/Nrf2/ARE signaling), which activates gene expression and the synthesis of a number of antioxidant and cytoprotective proteins, including quinone oxidoreductase, glutathione peroxidase, heme oxygenase-1, glutathione-S-transferase, gamma-glutamylcysteine synthetase, glutathione reductase and superoxide dismutase [2; 24]. Biogenic nanoselenium particles activate the Nrf2-ARE system through p38, ERK1/2, and AKT-mediated phosphorylation of

Nrf2 to improve the antioxidant function of intestinal epithelial cells [24].

The addition of nano-Se is used in poultry diets to monitor the intensity of growth, redox and immune processes. The addition of nanoselenium improves the reproductive performance of poultry [28]. Nano-Se showed better results on body weight gain compared to sodium selenite in broiler diets [18]. Similar results were also observed when 0.3 mg/kg of Se was added to the basic diet in the form of nanoelemental Se, sodium selenite or selenium-containing yeast [1; 3; 15]. The combination of probiotics and Se nanoparticles also showed improvement in growth, skeletal muscle fatty acid profile, and serum α -tocopherol content in broilers. Nano-Se optimized the antioxidant status through the effect on the activity of antioxidant enzymes and increased the level of IgG and IgM compared to organic and inorganic Se compounds under conditions of oxidative stress [4] in chickens and thermal stress [11] in broilers, while improving growth and immunity indicators, activating the expression of cytokine genes.

Recent studies have focused on the use of Selenium to engage the antioxidant defense system [4; 6], however, there are quite a few reports on the use of nanoscale preparations of Selenium. Thus, feeding nano-Se to broilers significantly increases the activity of GSH-Px and superoxide dismutase (SOD) in blood serum and reduces the concentration of malondialdehyde [11]. Nano-Se increases the antioxidant capacity of the liver due to a decrease in the amount of oxidized GSH-Px in the liver. Selenium compounds normalize blood biochemical parameters in case of intoxication [7] and, according to current data, Selenium can modulate viral diseases, including COVID-19.

The aim of the research was to determine the composition of fatty acids of lipids, as the main substrate of peroxidation, extracted from erythrocytes of the blood of quails, which were injected with sodium selenite and nanoselenium.

Material and methods of research. The study used sodium selenite (a traditional mineral supplement for poultry diets) and a new nanopreparation of Selenium, obtained using strains of *L. plantarum* cultures provided from the collection of microorganisms of the Institute of Microbiology and Virology named after D.K. Zabolotny. In our previous studies, we evaluated the stability of nanoselenium, investigated acute and chronic toxicity in laboratory animals, and characterized the nanopreparation using transmission electron microscopy (TEM), which indicated the non-toxicity and stability of the synthesized nanopreparation.

In the future, comprehensive production studies were conducted on quails in order to study the lipid metabolism in the bird's body and compare the effects of traditional and new forms of selenium. During the research, the general principles of bioethics, legal norms and requirements were followed. In the case of studying the biological effect of various forms of Selenium, 120 quails of the Pharaoh breed were selected at the age of 1-day-old and 2 groups were formed using the method of analogues - a control group (received sodium selenite) and an experimental group (received nanoselenium) of 60 heads each. The conditions of keeping quails were the same and corresponded to zootechnical standards. The quails were kept in cages with a local heating system, fed compound feed according to recipes according to age. Poultry received complete compound feed with the addition of sodium selenite (group 1) and biogenic nanoselenium (strains of *L. Plantarum* cultures previously grown on a Selenium-enriched medium) (group 2) by multistage mixing. The dosage of Selenium drugs corresponds to the established effective amounts according to previous scientific studies [22] and was 0.3 mg/kg of feed.

For research, biological material was collected from 5 poultry heads at the same time to exclude daily fluctuations of physiological and biochemical parameters.

The extraction of lipids from plasma and blood cells was carried out with a chloroform-methanol mixture in a volume ratio of 2:1 [26]. Separation of lipids into fractions was carried out on thin-layer silica gel plates in the solvent system hexane : diethyl ether : glacial acetic acid (85 : 15 : 1). Detection of individual fractions of lipids on both plates was carried out in iodine vapor. The isolated lipid fractions were removed from the first plate and, after adding potassium dichromate solution to them, colorimetrically, and transesterified from the second plate. The identification of lipid fractions on the plates was carried out using standard lipids with the degree of purification of ChC. According to the results of thin-layer chromatography, the content of individual classes of lipids of the first plate was calculated according to the formula with correction coefficients for each studied fraction. These coefficients were calculated as the ratio of the extinction of the non-esterified form of cholesterol (internal standard) and the extinction of the investigated lipid fractions. Transesterification of lipids from the second plate was carried out by dissolving them in hexane. Later, a 5% solution of sodium methylate in methanol was added to the obtained hexane solution of lipids in a test tube and shaken for 3–4 minutes. After separating the contents of the test tube, the upper layer was

removed with an automatic pipette, concentrated and introduced into the evaporator of a gas-liquid chromatographic apparatus, which has a column selective for long-chain fatty acids. A gas-liquid chromatograph (Chrom-5, Praha) with a steel column of 3700×3 mm was used for studies of methyl esters of fatty acids. The calculation of the content of individual fatty acids based on the results of gas chromatographic analysis was carried out according to the formula, which includes correction factors for each studied fatty acid [2626]. These coefficients were found as the ratio of the peak area of heptadecano (internal standard) and the studied fatty acid at a concentration of 1:1 in the isothermal mode of the chromatograph.

Variational and statistical processing of the data was carried out using the Microsoft Excel program according to the formulas created by us. Arithmetic mean value (M), standard error (m) and mean square deviation (σ) were determined. The reliability of changes was determined by Student's t-test.

Research results and discussion. The normal metabolism of the body depends on many factors, in particular, on the content of lipids and fatty substances. Being energy-intensive substances, lipids at the same time perform a number of other vital functions and can cause metabolic disorders if their amount or individual fractions ratio in the diet is incorrect. In particular, cholesterol is a substance from the group of sterols, which is found in large quantities in nervous and fatty tissues, the liver and is a precursor of steroid hormones, bile acids, lipoproteins and vitamin D. Its excess in the body leads to the formation of gallstones and cholesterol plaques in blood vessels. Triglycerols - esters of glycerol and VLC, are a natural reserve of fatty acids that participate in the synthesis of triglycerides, phospholipids, hormones, ketone bodies, are a blood vehicle, the main component of natural skin lubrication and the most important form of energy storage. Fatty acids are the basis for the formation of phospholipids, form cell membranes, and are the precursors of prostaglandins and leukotrienes.

Our previous studies had established that the addition of selenium preparations to the quails' diet causes a tendency to decrease the content of lipid spectrum indicators, as well as total lipids, while the use of nanoselenium provokes a more pronounced drop in the content of total lipids and their fractions, in particular, cholesterol and triacylglycerols in the blood of quails, which is consistent with data from the literature [13].

It is known that microorganisms in the digestive tract can take part in the metabolism of cholesterol in the body, acting on the cellular systems of the

host enzyme that synthesize endogenous cholesterol. The hypocholesterolemic activity of strains of lactic acid bacteria *L. casei* IBM-7280 [19] was established in *in vivo* experiments on a mouse model. Studies [17] found that plasma cholesterol and triglycerides were reduced, while high-density lipoprotein (HDL) was increased with probiotic and selenium supplementation. Perhaps this is due to the activation of lipolysis to supply Selenium.

The use of Selenium preparations also resulted in a tendency to increase the content of Calcium and Phosphorus in the blood serum of experimental quails in our previous studies, a significant change was the use of sodium selenite ($p < 0.05$). In the case of stimulation of the metabolic activity of probiotic preparations, low-molecular fatty acids (acetate, lactate, propionate, butyrate) are formed, which lower the pH in the intestines, promote the assimilation of Calcium, Magnesium, and Ferrum [6].

Research [10], in which probiotics were added, showed a decrease in the content of triglycerides and cholesterol in the blood. It has been suggested that some bacterial probiotic strains can incorporate cholesterol into bacterial cells and hydrolyze bile salts that inhibit the activity of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A (HMG-CoA) reductase, which plays a key role in the synthesis of this sterol. Limiting the rate of cholesterologenesis and reducing the total pool of cholesterol in the body.

It is believed that probiotics containing specific microorganisms contribute to the transformation and assimilation of nano-Se in the intestine [21]. One of the possible mechanisms of nano-Se transformation may be mediated by the action of microbionics in the intestine, which are able to transform nano-Se into selenite, H₂Se or Se-phosphate with further synthesis of selenoproteins [21].

Polyenoic fatty acids (FA) are not synthesized in the body, but are irreplaceable vitamin-like factors that enter with feed. Their normal content depends on the mobility of membranes and their performance of physiological functions (differential permeability, active transport of ions and metabolites, protective and support functions, participation in the transmission of excitation, contractility, etc.). Damage to structural components of membranes in the process of LPO negatively affects their functions.

The aim of our current research was to determine the composition of fatty acids of lipids extracted from erythrocytes of the quails blood, which were injected with the studied drugs. Since both the traditional mineral preparation of Selenium and the newest nanoforms of the element showed a positive effect on the metabolic processes in the body

of quails, it was decided to compare the intensity of their effects. Table 1 shows data on the content of individual fatty acids in the membranes of erythrocytes of birds of the experimental and control groups. In birds of the 1st group (received sodium selenite), compared to the 2nd group (nanoselenium received), the percentage content of acids 14:0, 16:0 and 18:0 probably decreases. At the same time, the level of acids 20:4 (ω-3), 22:3, 22:5 (ω-3) and 22:6 (ω-3) increases significantly. Moreover, the percentage of 22:6 (ω-3) in the erythrocyte membranes of quails of the 1st group is 3.2 times higher than that of the 2nd group, and 20:4 (ω-6) by 33.6%. Therefore, in the bird that was injected with pro-oxidant nanoselenium, there is a decrease in the level of NFAs, as well as a significant increase in the level of the main PUFAs.

It is known that erythrocytes do not have their own genetic apparatus that regulates the biosynthesis of fatty acids, which are transferred to these cells with the help of very low-density lipoproteins, mainly from the liver, where their synthesis takes place. Only NFAs and monoene fatty acids can be synthesized *de novo* in the body of humans and animals. A decrease in the content of polyunsaturated fatty acids during oxidative stress can occur due to a decrease in the intensity of their *de novo* synthesis. As for the main PUFAs of the n-3 and n-6 series, they are not synthesized in the animal body from NFAs and MNFAs.

The detected imbalance of fatty acids due to the introduction of sodium selenite may be associated

with a violation of the formation of fatty acids under the influence of elongases and desaturases. After the introduction of the complex drug, a normalization of lipid parameters is observed in the fatty acid composition of erythrocyte lipids, primarily due to a change in the level of palmitic, arachidonic, stearic, eicosate, and docosapolyene fatty acids.

The lack of compensatory accumulation of docosapolyene fatty acids in the cell membranes of erythrocytes of birds of the 2nd group can be considered as a factor of the beneficial effect of the administered drug, as well as as a justification for the need to prescribe complex drugs to birds capable of modulating the fatty acid composition of cell membranes.

Oxidative stress is accompanied by the release of catecholamines and glucocorticoids from the adrenal glands into the blood. Catecholamines, when interacting with β-adrenoceptors on the surface of the plasma membrane, activate signal transduction reactions. Under the influence of phospholipase, the release of PUFAs from phosphatidylinositol and phosphatidylcholine occurs. These fatty acids are able to cause repression of genes that control β-oxidation of fatty acids and the expression of proteins involved in the synthesis of *de novo* lipids [9]. Endogenic fatty acid imbalance can be preceded by changes in other lipid classes, including cholesterol. Since PUFAs are ligands for some transcription factors that regulate the genetic level of synthesis and lipid catabolism, fatty acids may be an independent factor in various diseases.

Table 1 – Distribution of fatty acids in the membranes of erythrocytes of quails of the experimental groups, mol % to the total content of fatty acids, M±m

Fatty acids and their codes	1. Sodium selenite	2. For the addition of bionano-selenium
Myristic C _{14:0}	0,39±0,05**	0,78±0,08
Pentadecanoic C _{15:0}	0,18±0,01	0,17±0,03
Isopalmitic C _{16:0}	0,61±0,08	0,56±0,06
Palmitic C _{16:0}	30,1±1,2*	37,8±2,6
Palmitic C _{16:0}	5,76±1,1	6,28±0,5
Margaric C _{17:0}	0,45±0,05	0,48±0,04
Stearic C _{18:0}	12,0±1,2*	17,1±1,4
Oleic C _{18:1}	25,2±4,3	24,2±2,5
Linoleic C _{18:2}	12,0±2,5	11,1±1,6
Eicosatrienoic C _{20:3}	0,68±0,05**	0,19±0,05
Arachidonic C _{20:4}	2,74±0,3*	1,82±0,2
Docosatrienoic C _{22:3}	0,28±0,04*	0,15±0,03
Docosapentaenoic C _{22:5}	0,28±0,06*	0,12±0,02
Docosahexaenoic C _{22:6}	0,16±0,04*	0,05±0,01

Conclusions. Increasing percentage content of 22: 5 (ω -3), 22: 6 (ω -3) in erythrocyte erythrocyte membranes are a factor in protection against peroxide damage. The main intracellular depot of some other PUFAs are phosphatidylinositol and phosphatidyletanolamine. The imbalance of fatty acids in the erythrocytes of the birds, which were administered sodium selenite, is characterized by a decrease in the number of major saturated fatty acids, as well as an increase in the content of polyunsaturated fatty acids (arachidonic and docosahexaenoic). The effectiveness of the use of a complex drug is to normalize the level of fatty acids and restore their metabolism at the stage of formation of eicosanoids.

REFERENCES

1. Aparna, N. Karunakaran, R. (2016). Effect of Selenium Nanoparticles Supplementation on Oxidation Resistance of Broiler Chicken. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (1), pp. 1–5. DOI:10.17485/ijst/2016/v9iS1/106334
2. Bityutsky, V. S., Tsekhmistrenko, S. I., Tsekhmistrenko, O. S., Tymoshok, N. O., Spivak, M. Ya. (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), pp. 483–493. DOI:10.15421/022074
3. Boostani, A., Sadeghi, A. A., Mousavi, S. N., Chamani, M. Kashan, N. (2015). The effects of organic, inorganic, and nano-selenium on blood attributes in broiler chickens exposed to oxidative stress. *Acta Scientiae Veterinariae*, 43, pp. 1–6.
4. Boostani, A., Sadeghi, A. A., Mousavi, S. N., Chamani, M. Kashan, N. (2015). Effects of organic, inorganic, and nano-Se on growth performance, antioxidant capacity, cellular and humoral immune responses in broiler chickens exposed to oxidative stress. *Livestock science*, 178, pp. 330–336. DOI:10.1016/j.livsci.2015.05.004
5. Bribiesca, J. E. R., Casas, R. L., Monterrosa, R. G. C., Pérez, A. R. (2017). Supplementing selenium and zinc nanoparticles in ruminants for improving their bioavailability meat. In *Nutrient Delivery* (pp. 713–747). Academic Press. DOI:10.1016/B978-0-12-804304-2.00019-6
6. Cai, S. J., Wu, C. X., Gong, L. M., Song, T., Wu, H., Zhang, L. Y. (2012). Effects of nano-selenium on performance, meat quality, immune function, oxidation resistance, and tissue selenium content in broilers. *Poultry Science*, 91 (10), pp. 2532–2539.
7. Emar, S. S. (2019). Comparative Effects of Nano-Selenium and Sodium Selenite Supplementation on Blood Biochemical Changes in Relation to Growth Performance of Growing New Zealand White Rabbits. *Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications*, 52 (4), pp. 1–14.
8. Gulyás, G., Csosz, E., Prokisch, J., Jávör, A., Mézes, M., Erdélyi, M., Balogh, K., Janáky, T., Szabó, Z., Simon, A. Czeglédi, L. (2017). Effect of nano-sized, elemental selenium supplement on the proteome of chicken liver. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 101(3), pp. 502–510. DOI:10.1111/jpn.12459
9. Jump, D.B. (2004). Fatty acid regulation of gene transcription. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*. 41, pp. 41–78.
10. Khoobani, M., Hasheminezhad, S. H., Javandel, F., Nosrati, M., Seidavi, A., Kadim, I. T., Tufarelli, V. (2019). Effects of dietary chicory (*Chicorium intybus* L.) and probiotic blend as natural feed additives on performance traits, blood biochemistry, and gut microbiota of broiler chickens. *Antibiotics*, 9 (1), 5 p.
11. Mahmoud, H. E. D., Ijiri, D., Ebeid, T. A. Ohtsuka, A. (2016). Effects of dietary nano-selenium supplementation on growth performance, antioxidative status, and immunity in broiler chickens under thermo-neutral and high ambient temperature conditions. *The Journal of Poultry Science*, 0150133.
12. Mahmoud, K. Z., Edens, F. W. (2017). Influence of organic selenium on hsp70 response of heat-stressed and enteropathogenic *E. coli*-challenged broiler chickens (*Gallus gallus*). *Comp. Biochem. Physiol. C: Toxicol. Pharmacol.* 141, pp. 69–75.
13. Mayahi, M., Razi-Jalali, M., Kiani, R. (2010). Effects of dietary probiotic supplementation on promoting performance and serum cholesterol and triglyceride levels in broiler chicks. *African Journal of Biotechnology*, 9 (43), pp. 7383–7387.
14. Misra, S., Kwong, R. W., Niyogi, S. (2012). Transport of selenium across the plasma membrane of primary hepatocytes and enterocytes of rainbow trout. *J. Exp. Biol.*, 215, pp. 1491–1501. DOI:10.1242/jeb.062307
15. Peng, D., Zhang, J., Liu, Q. Taylor, E.W. (2007). Size effect of elemental selenium nanoparticles (Nano-Se) at supranutritional levels on selenium accumulation and glutathione S-transferase activity. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 101 (10), pp. 1457–1463. DOI:10.1016/j.jinorgbio.2007.06.021
16. Rajendran, D., Thulasi, A., Jash, S., Selvaraju, S. Rao, S. B. N. (2013). Synthesis and application of nano minerals in livestock industry. *Animal Nutrition and Reproductive Physiology (Recent Concepts)*. Satish Serial Publishing House, Delhi, pp. 517–530.
17. Saleh, A. A. (2014). Effect of dietary mixture of *Aspergillus* probiotic and selenium nano-particles on growth, nutrient digestibilities, selected blood parameters and muscle fatty acid profile in broiler chickens. *Anim Sci Pap Rep*, 32, pp. 65–79.
18. Senthil Kumaran, C. K., Sugapriya, S., Manivannan, N., Chandar Shekar, B. (2015). Effect on the growth performance of broiler chickens by selenium nanoparticles supplementation. *Nano Vision*, 5 (4–6), pp. 161–168.
19. Starovoitova, S. A., Babenko, L. P., Timoshok, N. A., Shynkarenko, L. N., Lazarenko, L. N., Spivak, N. Y. (2012). Cholesterol-lowering activity of lactic acid bacteria probiotic strains *in vivo*. *Microbiologichny zhurnal*, 74 (3), pp. 78–85.
20. Surai, P. F., Kochish, I. I. Velichko, O. A. (2017). Nano-Se Assimilation and Action in Poultry and Other Monogastric Animals: Is Gut Microbiota an Answer? *Nanoscale research letters*, 12 (1), 612 p.
21. Surai, P. F., Kochish, I. I. Velichko, O. A. (2017). Nano-Se Assimilation and Action in Poultry and Other Monogastric Animals: Is Gut Microbiota an Answer? *Nanoscale research letters*, 12 (1), 612 p.

22. Tsekhmistrenko, O. S., Bityutsky, V. S., Tsekhmistrenko, S. I., Kharchyshyn, V. M., Tymoshok, N. O., Spivak, M. Y. (2020). Efficiency of application of inorganic and nanopreparations of selenium and probiotics for growing young quails. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8 (3), pp. 206–212. DOI: 10.32819/2020.83030

23. Vadalasetty, K. P., Lauridsen, C., Engberg, R. M., Vadalasetty, R., Kutwin, M., Chwalibog, A. Sawosz, E. (2018). Influence of silver nanoparticles on growth and health of broiler chickens after infection with *Campylobacter jejuni*. *BMC veterinary research*, 14 (1), pp. 1–11.

24. Xiao, X., Song, D., Cheng, Y., Hu, Y., Wang, F., Lu, Z., Wang, Y. (2019). Biogenic nanoselenium particles activate Nrf2-ARE pathway by phosphorylating p38, ERK1/2, and AKT on IPEC-J2 cells. *Journal of cellular physiology*, 234 (7), pp. 11227–11234. DOI:10.1002/jcp.27773

25. Medvid, S. M., Hunchak, A. V., Stefanyshyn, O. M., Pashchenko, A. G. (2018). Vplyv nanocytratu mikroelementiv na intensyvniht' protei'novogo obminu v tkanynah kurchat-brojleriv ta produktyvniht' [The influence of nanocyte trace elements on the intensity of protein metabolism in tissues of broiler chickens and productivity]. *Biologija tvaryn* [Animal Biology]. 20 (2), pp. 58–64 (in Ukrainian).

26. Ravis, J. F., Fedoruk, R. S. (2010). Kil'kisni hromatografichni metody vyznachennja riznyh klasiv lipidiv ta zhyrnyh kyslot u biologichnomu materialii [Quantitative chromatographic methods for determining different classes of lipids and fatty acids in biological material]. *Lviv: Spolol*, 109 p (in Ukrainian).

27. Tsekhmistrenko, O. S. (2017). Rekomendacii' shhodo vykorystannja nanoceriju u godivli kurchat-brojleriv ta kurej-nesuchok [Recommendations for the use of nanocery in feeding of broiler chickens and chickens laying hens]. *Bila Tserkva*, 16 p (in Ukrainian).

28. Tsekhmistrenko, O. S., Bityutsky, V. S., Tsekhmistrenko, S. I., Melnichenko, O. M., Timoshok, N. O., Spivak, M. Ya. (2019). Vykorystannja nanochastynok metaliv ta nemetaliv u ptahivnyctvi [The use of nanoparticles of metals and non -metals in poultry] (in Ukrainian). Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/3838>

Жирнокислотний склад мембран еритроцитів крові перепелів

Цехмістренко О. С., Шулько О. П., Гаюк Н. В., Онищенко Л. С.

Значною проблемою у птахівництві є інфекційні захворювання, адже вони суттєво уповільнюють темпи зростання галузі та призводять до збитків.

Для продуктивного розвитку галузі та уникнення небезпеки для здоров'я споживачів за неконтрольованого застосування препаратів варто використовувати альтернативні методи захисту птиці та поліпшення якості отриманої продукції, зокрема препарати, отримані нанотехнологічним шляхом. Нині у птахівництві використовуються наночастинки різних мінералів, мінеральний антагонізм яких у кишківнику знижується, порівняно із препаратами звичайного розміру, що сприяє модуляції механізмів всмоктування, оптимізації імунної відповіді та підвищенню ефективності травлення.

Оксидативний стрес є згубним фактором для клітинної цілісності внаслідок постійного вивільнення реактивних форм кисню. Se має широке застосування як добавка для зменшення оксидативного стресу. Елемент зустрічається в органічних та неорганічних сполуках, заміщує сірку в білкових молекулах і є важливою частиною селенопротеїнів. Se відомий своєю антиоксидантною дією, відіграє головну роль в оптимізації редокс-потенціалу, репродуктивних процесах, метаболізмі гормонів, розвитку м'язів та антиканцерогенезі. Nano-Se зумовлює вищу активність утримання Se внаслідок менших розмірів та більшої біодоступності.

Біогенні наночастинки Селену (SeNPs), синтезовані за участю бактерій, мають унікальні фізико-хімічні та біологічні властивості порівняно з неорганічними і органічними сполуками, а збагачені наноселеном пробіотичні бактерії можуть ефективно застосовуватися як альтернатива для інших форм Селену у складі харчових і кормових добавок.

У роботі порівнювався склад жирних кислот ліпідів, екстрагованих з еритроцитів крові перепелів, яким вводили селеніт натрію та прооксидантний нано-Se. За введення наноселену спостерігали зниження рівня НЖК, а також суттєве зростання рівня основних ПНЖК. Відсутність компенсаторного накопичення докозаполієнових жирних кислот у клітинних мембранах еритроцитів птиці 2-ої групи можна розглядати як фактор сприятливого впливу введеного препарату, а також як обґрунтування необхідності призначення птиці комплексних препаратів, що здатні модулювати склад жирних кислот мембран клітин. Ефективність використання комплексного нанопрепарату полягає в нормалізації рівня жирних кислот і відновленні їх метаболізму на стадії утворення ейкозаноїдів.

Ключові слова: жирні кислоти, перепели, пероксидне окиснення, селен, селеніт натрію, наноселен, наночастинки, ліпіди.



Copyright: Tsekhmistrenko O. et al. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Tsekhmistrenko O.

Shulko O.

Gayuk N.

Onyshchenko L.

<https://orcid.org/0000-0003-0509-4627>

<https://orcid.org/0000-0002-0052-8871>

<https://orcid.org/0000-0002-5466-7084>

<https://orcid.org/0000-0003-4233-3893>

УДК 638.12+519.24

Морфометрія крил робочих бджіл Харківської, Сумської та Полтавської областей України

Бабенко В.В.¹ , Галатюк О.Є.² , Череватов В.Ф.³ , Яровець В.І. ,
Григорків Л.М. , Калашніков О.Є. , Єгошин Л.Р. , Романишина Т.О. 

¹ Львівський національний університет ім. Івана Франка

² Поліський національний університет

³ Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

 Кореспондентний автор – Яровець В.І., 1951nadija@gmail.com



Бабенко В.В., Галатюк О.Є., Череватов В.Ф., Яровець В.І., Григорків Л.М., Калашніков О.Є., Єгошин Л.Р., Романишина Т.О. Морфометрія крил робочих бджіл Харківської, Сумської та Полтавської областей України. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 78–89.

Babenco O., Galatyuk O., Cherevatov V., Yarovets V., Hryhorkiv L., Kalashnikov O., Egoshin L., Romanyshyna T. Wing morphology of worker bees of Kharkiv, Sumy and Poltava regions of Ukraine. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 78–89.

Рукопис отримано: 07.09.2023 р.

Прийнято: 21.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-78-89

Належність місцевих популяцій бджіл, розповсюджених на території України, до підвидів *A. m. carnica*, *A. m. macedonica*, *A. m. mellifera* та *A. m. aucasica*, досліджувалися раніше за допомогою різних фенотипічних ознак, в окремих випадках – за допомогою вивчення мітохондріальної ДНК. За попередніми морфометричними дослідженнями, не вдалося виявити бджолині сім'ї, які можна було б кваліфікувати як «чистопородні».

Метою цієї роботи було вивчити три пасіки з різних областей України, на яких систематично проводяться селекційні заходи з відтворення та збереження місцевої популяції українських степових бджіл підвиду *A. m. macedonica*, підтвердити таке породне позиціонування та виявити бджолині сім'ї, придатні для подальшої селекційної роботи.

Предметом вивчення були фенотипи крил робочих бджіл. За фенотип крил у цій праці приймалися 10 ознак: сім індексів *Ci*, *Dbi*, *Disc.sh*, *Ri*, *Ci.2*, *Ci.3*, *Ci.2.1*, та три кути *A4*, *E9*, *J10*. Інструментом вивчення слугували методи статистичної обробки інформації та комплекс програм STATISTICA.

Вивчено 5200 крил робочих бджіл 53 пасік Харківської, Сумської та Полтавської областей. Класифікацію крил Сумської та Полтавської областей виконано за 4 кластерами, Харківської – за 3. Попередньо, за евклідовими відстанями, на підставі середніх значень ознак для окремих кластерів крил, остаточно з урахуванням відстаней Махаланобіса між центроїдами кластерів, сформовано три масиви даних, які позначені як «UkrStep» та «UkrStep.2», віднесені до підвиду *A. m. macedonica*, «Carnica» віднесено до підвиду *A. m. carnica*, які можуть використовуватися в подальшому як регіональні еталони для вивчення бджолиних сімей цієї частини України з метою встановлення їх імовірної породності.

Встановлено, що на досліджених пасіках переважає за фенотипом популяція «українські степові бджоли» підвиду *A. m. macedonica* (62,2 %). Для чотирьох бджолиних сімей з пасіки с. Куземин 92 %–100 % робочих бджіл віднесені до українських степових бджіл. На пасіці м. Харків тільки для однієї бджолиної сім'ї 86 % робочих бджіл віднесені до популяції українських степових бджіл. Рекомендовано використовувати для селекції бджолині матки чотирьох бджолиних сімей: одну з пасіки м. Харків, три з с. Куземин.

Ключові слова: класична морфометрія крил робочих бджіл, дискримінантний аналіз.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Фенотипи крил робочих бджіл *Apis mellifera* L., популяції яких розповсюджені на території України, вивчались лише в окремих регіонах нашої держави та пов'язані із науковими та селекційними центрами дослідження бджоли медоносною. Наприклад, для регіону Карпат у Закарпатській області з морфометричними даними постійно оперують співробітники лабораторії розведення і селекції карпатських бджіл ННЦ «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича», філія якого знаходиться в м. Мукачево Закарпатської області. Застосовано програму ВЕЕМОРН, де використано 30 ознак крил, одержано стандарти робочих особин бджіл місцевих типів «Вучківський» та «Колочавський» [1]. Враховуючи географічне та кліматичне різноманіття гірських та рівнинних частин Закарпатської області, вчені філії ННЦ детально вивчають бджіл окремих районів [2–7], що дає змогу проводити селекційну роботу із збереження генфонду місцевих популяцій. Вивченню морфометричних показників карпатських бджіл присвячені також ряд інших робіт [8, 9].

Морфометрія бджіл північної, центральної, східної та південної України вивчалась епізодично і лише останнім часом цим дослідженням почали приділяти належну увагу. Так, вивчаючи окремі бджолині сім'ї рівнинних областей України за допомогою морфометрії крил робочих бджіл з використанням 8-и індексів – *Ci*, *Dbi*, *Disc.sh.*, *Pci*, *Ri*, *Ci.2*, *Ci.2.1*, *Ci.3* [10] – підтверджено висновок про значну строкатість розповсюдження фенотипів крил, які, ймовірно, належать до підвидів *A. m. carnica*, *A. m. mellifera*, *A. m. macedonica* та їх гібридів, про що було зауважено раніше у роботі Мейхнера [11]. Продовжуючи дослідження місцевих популяцій бджіл півночі та центру України, зроблено спробу виявити перспективні бджолині сім'ї українських степових бджіл, які можна було б використати з метою подальшої селекції [12]. Однак результат виявився незадовільним. Таких бджолиних сімей та маток, які б заслуговували на увагу, виявити не вдалось. Мабуть, однією з причин була недостатня кількість вивчених бджолиних сімей та досліджених регіонів.

Мета роботи. Здійснити морфометричні дослідження крил робочих бджіл на пасіках Харківської, Сумської та Полтавської областей, на яких проводяться селекційні роботи з метою покращення породного складу популяції українських степових бджіл, та виявити бджолині сім'ї, придатні для використання як «материнські» та «батьківські».

Матеріал і методи дослідження. Використано 1726 крил (18 бджолиних сімей, пасіка О. Є. Калашнікова м. Харків), 1882 крил (19 бджолиних сімей, пасіка Л. Р. Єгошина Сумська область, Охтирський район, с. Куземин), 1592 крил (16 бджолиних сімей, пасіка Л. М. Григорків Полтавська область, м. Гадяч). Усі бджолині сім'ї позиціонуються пасічниками як місцеві популяції українських степових бджіл. Пасіка Л. Р. Єгошина має статус племінного бджолорозплідника.

Світлини крил опрацьовано за допомогою програми TrpsDig2 [13].

Класифікацію крил проведено незалежно для кожної з трьох пасік за допомогою дискримінантного аналізу даних та комплексу програм STATISTICA [14]. Для цього застосовано методику послідовного вилучення ознак, коли на початковому етапі використано 25 ознак класифікації крил: п'ять традиційних індексів *Ci*, *Dbi*, *Disc.sh.*, *Pci*, *Ri*; три запропонованих нами – *Ci.2*, *Ci.3*, *Ci.2.1* [15], та 17 кутів – *A1*, *A4*, *B3*, *B4*, *D7*, *E9*, *G7*, *G18*, *H12*, *J10*, *J16*, *K19*, *L13*, *M17*, *N23*, *O26*, *Q21*, згідно з протоколом DAWINO [16]. На кожному наступному етапі послідовно вилучались найменш інформативні ознаки або такі, які вносили значний дисбаланс у класифікацію. Таким чином, було досягнуто оптимального, з точки зору достовірності, результату класифікації, зокрема в підсумку використано 10 ознак: сім індексів *Ci*, *Dbi*, *Disc.sh.*, *Ri*, *Ci.2*, *Ci.3*, *Ci.2.1*, та три кути *A4*, *E9*, *J10*.

Результати дослідження та обговорення. З метою ілюстрації якості проведеної класифікації наведемо один приклад результату класифікації крил робочих бджіл з пасіки Л. М. Григорків (м. Гадяч, Полтавської області) за чотирма кластерами (табл. 1, 2).

У графі «Часткова лямбда» вагомість внеску кожної ознаки у класифікацію зростає у послідовності: *Ci*, *J10*, *Ci.2*, *E9*, *Ci.2.1*, *Disc.sh.*, *Ri*, *A4*, *Dbi*, *Ci.3*. Отже, найменш значущою є ознака *Ci*, а найбільш значущою – *Ci.3*. Парні кореляції між значеннями усіх ознак перебувають в межах 0–0,3 ($p < 0,05$). Тобто, кореляційні зв'язки між ними є незначними, а це свідчить про важливість усіх використаних ознак для класифікації даних. Окремо перевірялись кореляційні зв'язки між ознаками, які залишилися у підсумковому варіанті класифікаційної моделі. Встановлено, що парні кореляції між значеннями усіх ознак перебувають в межах 0–0,3 ($p < 0,05$). Тобто кореляційні зв'язки між ними є незначними, а це свідчить про важливість усіх використаних ознак для класифікації даних.

Таблиця 1 – Підсумкові результати дискримінантного аналізу крил (n=1592) робочих бджіл бджолиних сімей (n=16) Полтавської обл.

Індекси	Лямбда Вілкса	Часткова лямбда	F - критерій 3,1579	p-рівень значущості	Толерант- ність	1-толер. (R-Sqr.)
Ci	0,1154	0,9823	9,4609	0,000003	0,7619	0,2381
Dbi	0,1201	0,944	31,2149	<0,000001	0,6661	0,3339
Disc.sh.	0,1175	0,9647	19,2848	<0,000001	0,6044	0,3956
Ri	0,1192	0,9509	27,1609	<0,000001	0,5477	0,4523
Ci.2	0,1163	0,9749	13,5784	<0,000001	0,1857	0,8143
Ci.3	0,1201	0,9434	31,5504	<0,000001	0,7199	0,2801
Ci.2.1	0,117	0,9689	16,8733	<0,000001	0,5162	0,4838
A4	0,1199	0,9452	30,5278	<0,000001	0,5411	0,4589
E9	0,1167	0,9715	15,4218	<0,000001	0,264	0,736
J10	0,1158	0,9789	11,3337	<0,000001	0,2366	0,7634

Таблиця 2 – Матриця коректності класифікації крил робочих бджіл бджолиних сімей (n=16) Полтавської обл.

Кластери	Коректність	G_1:1 p=,28957	G_2:2 p=,27073	G_3:3 p=,21985	G_4:4 p=,21985	Всього крил
G_1:1	98,48	454	4	0	3	
G_2:2	95,13	8	410	9	4	
G_3:3	96	11	3	336	0	
G_4:4	93,14	13	11	0	326	
Разом	95,85	486	428	345	333	1592

Коректність класифікації становить 95,85 % і є цілком прийнятною (табл. 2). 1726 крил (О. Є. Калашніков м. Харків) 18-ти бджолиних сімей розподілені на три кластери з коректністю 95,6 %, 1882 крил (Л. Р. Єгошин Сумська область, с. Куземин) 19 бджолиних сімей розподілені на чотири кластери з коректністю 95,2 %.

Морфометричні еталони. На підставі отриманих результатів класифікації за евклідовими відстанями середніх значень індексів кластерів крил робочих бджіл сформовано чотири групи кластерів. На їх основі одержано остаточний склад масивів еталонних даних, з урахуванням значень відстаней Махаланобіса між центроїдами кластерів у кожній групі окремо. До еталонних даних включено тільки ті кластери, відстані Махаланобіса між центроїдами яких не перевищували значення 2,6.

Ідентифікація фенотипів крил еталонів робочих бджіл здійснювалась переважно на під-

ставі відомих літературних даних. За фенотип крил у цьому дослідженні приймається сукупність значень десяти вказаних вище ознак.

Для популяції українських степових бджіл підвиду *A. t. macedonica* значення кубітального індексу перебувають у межах: за Григорків $Ci=2,19-2,29$ [17]; за Поліщуком – $Ci=2,16-2,62$, значення індексу Disc.sh. існує в межах: (+) 72 %–94 % крил [18, 19, 20]. Дослідження крил робочих бджіл республіки Північна Македонія дає значення кубітального індексу підвиду *A. t. macedonica* у межах 2,3363–2,5392 [21]; згідно з протоколом DAWINO, за даними цієї ж праці, значення індексів становлять: $Ci=2,6$, $Pci=2,7$, $Dbi=1,0$, $Ri=1,4$. Враховуючи наведену інформацію, та порівнюючи її із середніми значеннями індексів двох еталонних масивів, позначених як «UkrStep.1», та «UkrStep.2», фенотипи крил обох можна віднести до підвиду *A. t. macedonica* популяції українських степових бджіл (табл. 3, 4).

Дані, наведені у таблиці 3 та в усіх наступних таблицях, обчислювались за середніми значеннями ознак кожного окремого кластера, які входять до складу цього еталону. До масиву еталонних даних «UkrStep.1» включено 6 кластерів крил з пасіки Калашнікова м. Харків, 5 – Єгошина Сумської області та 1 – Григорків Полтавської області, разом 12 кластерів.

До вказаного масиву еталонних даних включено 5 кластерів крил з пасіки Калашнікова, м. Харків, 6 – Єгошина, Сумської області, та 3 – Григорків, Полтавської області, разом 14 кластерів.

Для ідентифікації третього масиву еталонних даних використано морфометричні дослідження крил Закарпатської області за 2014–2019 рр., які продемонстрували стабільні значення кубітального індексу в межах $Ci=2,46-2,54$ [2, 3, 4], а значення індексу Disc.sh., переважно – (+) для 100 % крил для всіх рівнинних та гірських районів. Враховуючи близькість середнього значення кубітального індексу (2,437), сформованого еталону та високе значення Disc.sh.=5,865, зроблено припущення про належність фенотипу крил робочих бджіл до підвиду *A.m.carnica*, позначено як «Carnica» (табл. 5).

Таблиця 3 – Значення індексів крил робочих бджіл морфометричного еталону «UkrStep.1»

«UkrStep.1»	І н д е к с и					N крил
	Ci	Dbi	Disc.sh.	Ri	Ci.2	
Середнє :	2,338	0,95	2,972	1,462	4,247	404
Ст. відхилення:	0,109	0,03	0,47	0,024	0,234	
Коеф. варіації (%):	4,7	3,1	15,8	1,6	5,5	
	І н д е к с и			К у т и *		N крил
	Ci.3	Ci.2.1	A4	E9	J10	
Середнє :	1,668	1,653	0,54	0,373	1,004	404
Ст. відхилення:	0,049	0,044	0,011	0,015	0,029	
Коеф. варіації (%):	2,9	2,6	2,1	4,2	2,9	

Примітка: * – кути наведені у радіанах.

Таблиця 4 – Значення індексів крил робочих бджіл морфометричного еталону «UkrStep.2»

«UkrStep.2»	І н д е к с и					N крил
	Ci	Dbi	Disc.sh.	Ri	Ci.2	
Середнє :	2,334	0,943	2,897	1,452	3,273	533
Ст. відхилення:	0,134	0,021	0,543	0,023	0,14	
Коеф. варіації (%):	5,7	2,2	18,8	1,6	4,3	
	І н д е к с и			К у т и *		N крил
	Ci.3	Ci.2.1	A4	E9	J10	
Середнє :	1,502	1,587	0,546	0,392	0,912	533
Ст. відхилення:	0,035	0,041	0,011	0,01	0,012	
Коеф. варіації (%):	2,3	2,6	2	2,4	1,3	

Примітка: * – кути наведені у радіанах.

Таблиця 5 – Значення індексів крил робочих бджіл морфометричного еталону «Carnica»

«Carnica»	І н д е к с и					N крил
	Ci	Dbi	Disc.sh.	Ri	Ci.2	
Середнє :	2,437	1,038	5,865	1,591	3,555	669
Ст. відхилення:	0,098	0,022	0,402	0,022	0,259	
Коеф. варіації (%):	4	2,1	6,9	1,4	7,3	
	І н д е к с и			К у т и *		N крил
	Ci.3	Ci.2.1	A4	E9	J10	
Середнє :	1,573	1,724	0,489	0,403	0,943	669
Ст. відхилення:	0,043	0,043	0,009	0,011	0,019	
Коеф. варіації (%):	2,7	2,5	1,9	2,8	2	

Примітка: * – кути наведені у радіанах.

До вказаного масиву еталонних даних включено 10 кластерів крил з пасіки Калашнікова, м. Харків, 4 – Єгошина, Сумської області та 3 – Григорків, Полтавської області, разом 17 кластерів.

З метою перевірки правильності припущення віднесення цього фенотипу крил до підвиду *A. m. carnica* зроблено порівняння еталону «Carnica» з раніше одержаними локальними еталонами невеликого регіону Карпат (Сколівська громада), [22] (табл. 6).

Значення відстаней Махаланобіса між еталонами «Carnica» та раніше одержаними еталонами «Carpatca.1» та «Carpatca.2» мають значення менше 2,0, що вказує на значну подібність між ними та правильність ідентифікації фенотипу крил еталону «Carnica». Оцінювання подібності здійснювалось за дещо уточненою емпіричною шкалою подібностей, яку запропоновано у праці [23], зокрема: 0–2 – подібність значна, 2–2,6 – подібність помірна, 2,6–3,5 – подібність незначна, >3,5 – подібність відсутня.

Ідентифікація четвертого масиву еталонних даних виявилась проблематичною через низькі значення для кубітального індексу, що характерно для підвидів генеалогічної (еволюційної) лінії O [24], та високе середнє значення $Disc.sh.=3,589$, що характерно для підвидів генеалогічної лінії C. До вказаного масиву ета-

лонних даних включено тільки 4 кластери крил з пасіки Григорків, Полтавської обл. Середні значення індексів C_i та $Disc.sh.$ кластера крил бджолоїної сім'ї № G.11, що включено до цього масиву, становлять 1,761 та 4,16, відповідно. Для інших трьох кластерів – змінюються в межах $C_i=1,905-2,091$, $Disc.sh.=3,11-3,54$. Такі малі значення кубітального індексу дають підставу припустити належність цього фенотипу крил робочих бджіл до певного гібриду з участю підвидів *A. m. caucasica* або *A. m. mellifera* (позначено як «XXXX») (табл. 7).

Остаточне формування складу еталону «XXXX» здійснено з урахуванням значень відстаней Махаланобіса між кластерами, які включено до еталону «XXXX» на попередньому етапі (табл. 8). Подібні дії виконано також з іншими трьома масивами еталонних даних.

Відстані Махаланобіса між кластерами масиву еталонних даних «XXXX» приймають значення в діапазоні 1,8–2,6, що є підставою врахувати їх в остаточному варіанті. Кластери, для яких відстані Махаланобіса >2,6 вилучались з усіх масивів еталонних даних як такі, що мають недостатню подібність.

Взаємовідносини між одержаними чотирма масивами сформованих еталонних даних теж досліджено за допомогою відстаней Махаланобіса (табл. 9).

Таблиця 6 – Відстані Махаланобіса між центроїдами кластерів крил регіону Карпат (n=4) та еталону «Carnica»

Еталони	Local Carpathian	Carnica (Skole)	Carpatca.1	Carpatca.2	Carnica
Local Carpathian	0	2,6	2	3,3	3,1
Carnica (Skole)	2,6	0	2,3	1,8	2,5
Carpatca.1	2	2,3	0	1,9	1,8
Carpatca.2	3,3	1,8	1,9	0	1,2
Carnica	3,1	2,5	1,8	1,2	0

Таблиця 7 – Значення індексів крил робочих бджіл морфометричного еталону «XXXX»

«XXXX»	І н д е к с и					N крил
	C_i	Db_i	$Disc.sh.$	R_i	$C_i.2$	
Середнє :	1,949	0,936	3,589	1,479	4,075	133
Ст. відхилення:	0,145	0,011	0,429	0,041	0,062	
Коеф. варіації (%):	7,4	1,2	12	2,8	1,5	
	І н д е к с и		К у т и *			N крил
	$C_i.3$	$C_i.2.1$	A4	E9	J10	
Середнє :	1,641	1,65	0,532	0,384	1,004	133
Ст. відхилення:	0,059	0,044	0,006	0,004	0,02	
Коеф. варіації (%):	3,6	2,6	1,1	1	2	

Примітка: * – кути наведені у радіанах.

Таблиця 8 – Відстані Махаланобіса між центроїдами кластерів крил (n=4) еталону «XXXX»

Кластери	G.129-41.2	G.56-11.2	G.46-11.2	G.11.2
G.129-41.2	0	1,8	1,9	2,5
G.56-11.2	1,8	0	2,6	2,4
G.46-11.2	1,9	2,6	0	2,3
G.11.2 G.46-11.2	2,5	2,4	2,3	0

Примітка: G – належність кластера крил до пасіки Григорків (Полтавської обл.).

Таблиця 9 – Відстані Махаланобіса між центроїдами масивів еталонних даних (n=4)

	UkrStep.1	UkrStep.2	Carnica	XXXX
UkrStep.1	0	2,4	3	1,2
UkrStep.2	2,4	0	3	2,6
Carnica	3	3	0	3,2
XXXX	1,2	2,6	3,2	0

Згідно з даними, наведеними у таблиці 9, констатуємо, що еталони «UkrStep.1» та «UkrStep.2», хоч і різняться між собою, однак помірно подібні – еталони «UkrStep.1», «UkrStep.2», з одного боку, достатньо відрізняються від еталону «Carnica», з іншого, еталони «Carnica» та «XXXX» найменш подібні між собою з усіх розглянутих. Відзначено малу відстань Махаланобіса між центроїдами еталонів «UkrStep.1» та «XXXX». Це означає, що, незважаючи на значну відмінність у значеннях кубітального індексу «UkrStep.1»/«XXXX»= 2,338/1,949, насправді ці еталони надзвичайно подібні та можуть бути об'єднані в один загальний еталон, позначений як «UkrStep» (табл. 10). Зроблений висновок підтверджується значеннями відстаней Махаланобіса між центроїдами окремих кластерів G.129-41.2, G.56-11.2, G.46-11.2, G.46-11.2 до еталонів «UkrStep.1», «UkrStep.2», а саме 1,3–2,1.

Очевидно, наше попереднє міркування щодо еталону «XXXX» було передчасним. Вплив генеологічної лінії O на фенотип крил цього кластера якщо і є, то він не настільки значний, щоб кардинально змінити фенотип крил підвиду *A. t. macedonica*.

Проаналізувавши дані таблиці 10, можна підсумувати, що коефіцієнти варіації дещо зростають, однак в межах «розумного». Особливо це помітно для індексу Ci, що цілком зрозуміло через велику різницю між значеннями для окремих еталонів, про що згадувалось вище у тексті. Тобто, значення кубітального індексу, яким широко послуговуються для інтерпретації «породності» за фенотипом крил, у цьому випадку не може використовуватись повною мірою. Цей факт певним чином корелює з раніше проведеним аналізом даних таблиці 1 щодо відносно малої значимості кубітального індексу на класифікацію крил робочих бджіл.

Таблиця 10 – Значення індексів крил робочих бджіл об'єданого морфометричного еталону «UkrStep»

«UkrStep»	І н д е к с и					N крил
	Ci	Dbi	Disc.sh.	Ri	Ci.2	
Середнє :	2,237	0,944	3,118	1,463	4,197	537
Ст. відхилення:	0,209	0,027	0,533	0,028	0,218	
Коеф. варіації (%):	9,4	2,8	17,1	1,9	5,2	
	І н д е к с и			К у т и*		N крил
	Ci.3	Ci.2.1	A4	E9	J10	
Середнє :	1,658	1,649	0,537	0,375	1,002	537
Ст. відхилення:	0,051	0,042	0,011	0,015	0,026	
Коеф. варіації (%):	3	2,6	2	3,9	2,6	

Примітка: * – кути наведені у радіанах.

Серед досліджених бджолиних сімей пасік Григорків (Полтавська область, м. Гадяч), та Єгошина (Сумська область, с. Куземин) виявлено чотири кластера крил (по два кластера з кожної пасіки), які за значеннями індексів $Disc.sh. = -0,905 - -0,502$ та $Ci = 2,04 - 2,39$ можуть бути віднесені до підвиду *A. m. caucasica* (табл. 11). Такий висновок ґрунтується на морфометричних даних дослідженої бджолиної сім'ї з Грузії (Кутаїсі) [25]. Наведені у цій роботі значення індексів для двох кластерів крил 39 робочих бджіл становлять: для кластера Сс307.1 – $Ci = 2,171$, $Disc.sh. = - 0,44$ (25 крил); кластера Сс307.2 – $Ci = 2,228$, $Disc.sh. = - 2,29$ (14 крил), які за евклідовими відстанями узгоджуються із чотирма кластерами з пасік с. Куземин та м. Гадяч. Точніше оцінювання подібності зазначених кластерів крил до кластерів крил робочих бджіл (походженням з Грузії) виконано за допомогою відстаней Махаланобіса (табл. 11).

Наведені дані вказують, що є помірність між кластерами робочих крил з пасіки Григорків (Полтавська обл., Гадяч) G.48-41.4, та бджолиної сім'ї з Грузії Сс307.1. Однак відстані між іншими трьома кластерами G.14-41.4, G.48-41.4 та J.49.4, та кластерами Сс307.1, Сс307.2 перевищують значення 2,6. Ця не-

лика кількість досліджених крил бджолиної сім'ї з Грузії змушує критично поставитися до наведеної інформації. Навіть, якщо цей факт подібності справді існує, зважаючи що він стоується незначної кількості 162 шт. (3,1 %) досліджених крил, можна стверджувати обмежений вплив підвиду *A. m. caucasica* на породний склад фенотипів бджіл, присутніх на вивчених пасіках трьох областей України.

На перший погляд, зважаючи на дані, наведені у таблиці 12, можна було б сформулювати відповідний масив еталонних даних. Однак аналіз відстаней Махаланобіса між кластерами крил, які утворюють цей масив даних, демонструє значні відмінності між окремими кластерами, що не дозволяє одержати достовірні середні значення фенотипу такого еталону (табл. 11).

Хоч між парами кластерів J.104.4 та G.48-41.4, G.48-41.4 та J.49.4 відстань Махаланобіса не перевищує значення 2,0, що вказує на надзвичайно високу подібність присутніх на різних пасіках кластерів крил робочих бджіл між собою. Пояснити цей факт можливо двома обставинами. По-перше, пасіки розташовані географічно на достатньо невеликій відстані (70 км), по-друге, пасічники вказують на періодичний обмін племінним матеріалом.

Таблиця 11 – Відстані Махаланобіса між центроїдами кластерів з пасік м. Гадяч та с. Куземин (n=4) та кластерів крил (n=2) підвиду *A. m. caucasica*

Кластери	Сс307.1	Сс307.2	G.14-41.5	G.48-41.5	J.104.5	J.49.5
Сс307.1	0	2,7	3,7	2,7	2,3	2,7
Сс307.2	2,7	0	4,6	2,8	2,9	3,4
G.14-41.4	3,7	4,6	0	3	3,2	2,3
G.48-41.4	2,7	2,8	3	0	1,9	1,7
J.104.4	2,3	2,9	3,2	1,9	0	2,5
J.49.4	2,7	3,4	2,3	1,7	2,5	0

Примітка: G – належність кластера крил до пасіки Григорків (Полтавської обл.), J – Єгошина (Сумська обл.).

Таблиця 12 – Середні значення індексів крил робочих бджіл кластерів G.14-41.4, G.48-41.4, J.104.4, J.49.4 об'єднаних в один масив даних

	І н д е к с и					N крил
	Ci	Dbi	Disc.sh.	Ri	Ci.2	
Середнє :	2,195	0,867	-0,731	1,348	3,71	162
Ст. відхилення:	0,157	0,034	0,196	0,026	0,284	
Коеф. варіації (%):	7,1	4	26,8	1,9	7,6	
	І н д е к с и		К у т и *			N крил
	Ci.3	Ci.2.1	A4	E9	J10	
Середнє :	1,581	1,51	0,595	0,366	0,95	162
Ст. відхилення:	0,106	0,054	0,008	0,01	0,017	
Коеф. варіації (%):	6,7	3,6	1,3	2,6	1,7	

Примітка: * – кути наведені у радіанах.

Зведені результати досліджень крил із Харкова, Полтавської та Сумської областей за породним та, відповідно, підвидовим (українська степова – *A. m. macedonica*, карніка – *A. m. carnica*) розподілом наведені у таблиці 13. Необхідно зауважити, що до графи «Інші» віднесено кластери фенотипів крил, які з вагомих причин можуть інтерпретуватись приналежністю до підвиду *A. m. caucasica*, та крила кластерів, що не мали достатніх підстав інтерпретації фенотипів з огляду на те, якими підвидами вони обумовлюються.

ідентифікації. Це єдина бджолина сім'я серед усіх досліджених, до якої можуть бути підозри щодо гібридизації підвидом *A. m. mellifera* через аномально мале значення кубітального індексу. Хоч на початку дослідження в авторів були підстави побачити вплив підвиду *A. m. mellifera* на фенотип крил робочих бджіл, враховуючи географічне розташування території Сумської та північної частини Полтавської областей, де розташоване м. Гадяч, та які входять до складу, або межують з регіоном Полісся. Однак результати спростували ці очікування.

Таблиця 13 – Породний розподіл крил робочих бджіл пасік (n=3) м.Харків, Полтавської та Сумської областей

Пасіки	Українські степові бджоли (шт.,%)	Карніка (шт.,%)	Інші (шт.,%)	Разом крил (шт.)
Калашніков м. Харків	1111 (64,4%)	615 (35,6%)	-	1726
Єгошин с. Куземин	1220 (64,8%)	406 (21,6%)	256 (13,6%)	1882
Григорків м. Гадяч	905 (56,8%)	345 (21,7%)	342 (21,5%)	1592
Разом	3236 (62,2%)	1366 (26,3%)	598 (11,5%)	5200

Серед 53 досліджених бджолиних сімей та 5200 крил 3236 (62,2 %) крил разом з кластерами не були включені до результуючих масивів еталонних даних «UkrStep», «UkrStep.2» через значні відмінності у значеннях окремих ознак (віднесені до українських степових бджіл). У першу чергу, відмінності від типових значень ознак стосуються індексів C_i та Disc.sh. Згідно з даними таблиць 3, 4, 10, типові значення індексів C_i та Disc.sh. для популяції українських степових бджіл підвиду *A. m. macedonica* для дослідженого регіону України коливаються в межах 2,237–2,338 та 2,897–3,118, відповідно. Однак окремі кластери, які в цілому за фенотипом крил вкладаються у прийнятий нами поріг допустимої мінімальної подібності для відстаней Махаланобіса ($2,6 <$), віднесені до популяції українських степових бджіл, показують значні відмінності від зазначених типових значень у розумінні окремих ознак. Це стосується кластерів крил бджолиних сімей J.129.4, J.132.4, J.84.4, J.50.4, J.192.4, для яких значення Disc.sh.=0,11-1,16. Необхідно звернути увагу на кластер G.11.4, для якого значення $C_i=1,694$, Disc.sh.=1,29, а найменша відстань Махаланобіса до еталону «UkrStep.1» становить 3,5, тому немає підстав до його ймовірної

Для кластерів K.140.3, K.280.3 значення C_i становлять 2,277 та 2,252, відповідно, а відстань Махаланобіса між центроїдами кластерів до еталону «Carnica» – 1,1, для G.46-11.3, G.58-41.3, G.34-44.3, G.52.3 значення $C_i = 2,037-2,317$, відстані Махаланобіса до еталону «Carnica» приймають значення в межах 1,5-2,2, що є підставою віднести фенотипи цих кластерів до підвиду *A. m. carnica*. Мале значення $C_i=2,037$ для кластера G.46-11.3 може вказувати на гібридизацію за участю підвидів *A. m. mellifera* або *A. m. caucasica*. Значення індексу C_i для кластера K.300.2 становить 2,477, тимчасом найменша відстань Махаланобіса до еталону «UkrStep.2» – 1,9, що свідчить про належність крил цього кластеру до популяції українських степових бджіл.

Вісім кластерів: J.49.4, J.51.4, G.129-41.4, G.76-11.4, G.56-11.4, G.11.4, G.41.4, K.300.2, для яких відстані Махаланобіса до трьох сформованих еталонів $>2,9$, не отримали прийнятої інтерпретації фенотипів крил.

Дослідження бджіл підвиду *A. m. carnica* не було предметом зацікавленості авторів. Однак значна кількість крил – 1366 шт. (26,3 %), віднесена за фенотипом до цього підвиду, змушує зробити декілька коментарів. Необхідно

звернути увагу на встановлені «типові» значення окремих індексів популяцій підвиду *A. m. carnica*, що характерні для дослідженого регіону: $C_i=2,437$ та $Disc.sh.=5,865$, які добре узгоджуються з даними досліджень місцевих бджіл усіх районів Закарпатської обл. [2, 3, 4], та з нашими дослідженнями бджіл Сколівської громади [22]. Однак за значенням C_i , ці дані відрізняються від наведених у праць [1], де $C_i = 2,6-2,75$ та [8], де $C_i=2,68-2,78$. Наявність значної кількості бджіл підвиду *A. m. carnica* повинно змусити пасічників певним чином відкоригувати напрям селекційної діяльності з метою зменшити вплив, а в перспективі довести до повної відсутності бджіл підвиду *A. m. carnica* на своїх пасіках, зважаючи на наміри утримувати бджіл місцевих популяцій.

Достатня кількість кластерів, які мають відхилення значень окремих ознак від типових, або такі, що не одержали однозначної прийнятної ідентифікації належності до певних підвидів, вказує ще й на присутність різноманітних комбінацій у межах хромосомних наборів бджолиних маток на досліджуваних пасіках. Якщо такий геном зі значною мірою гомозиготний, то значення ознак фенотипу крил будуть відповідати означеним типовим межах. Тобто, хромосомні набори варіабельні в межах певного підвиду. Якщо ж хромосомний набір характеризується значною гетерозиготністю, можливі відхилення значень окремих ознак фенотипу крил. Такі відхилення можуть вказувати на приналежність хромосомних наборів до різних підвидів. У цьому контексті достовірна інтерпретація фенотипів крил («Інші») можлива шляхом встановлення фенотипів крил трутнів для певних бджолиних сімей. Таке дослідження крил трутнів дасть змогу виявити ймовірну комбінацію приналежності хромосомних наборів до певних підвидів у геномах маток і, таким чином, пов'язати одержані значення ознак робочих бджіл з породністю фенотипів. Тому автори мають намір продовжити дослідження саме в цьому напрямі.

Висновки. Таким чином, на підставі вивчення фенотипів крил робочих бджіл трьох пасік Харківської, Полтавської та Сумської областей вдалось одержати три масиви регіональних еталонних даних позначені як «UkrStep», «UkrStep.2» та «Carnica», які можуть використовуватись в подальшому для вивчення бджолиних сімей цієї частини України, з метою встановлення їх ймовірної породності.

Враховуючи, що метою роботи був пошук можливого племінного матеріалу бджіл підвиду *A. m. macedonica*, необхідно відзначити ті

бджолині сім'ї та матки, які можуть бути використані для подальшої селекції. З пасіки Калашнікова це бджолині сім'ї № 290, 377, 363 ($\Rightarrow 75\%$ крил віднесено до українських степових бджіл), 110 та 170 (81%), 260 (86%), з пасіки Єгошина – № 102 та 193 (69%), 132, 84, 89 та 192 (92%–100%), з пасіки Григорків – № 52 (77%).

З'ясовано, що відвертих ознак належності фенотипів крил до підвиду або до гібридів *A. m. mellifera* не було виявлено, незважаючи на те, що дослідні пасіки знаходяться в межах районування цього підвиду, або на межі такого регіону. Навпаки, виявлено можливу присутність бджіл підвиду *A. m. caucasica* на двох пасіках з трьох досліджених. Це припущення потребує додаткового вивчення та підтвердження. У загальному розповсюдженні та вплив цього підвиду бджіл можна вважати незначним.

Відомості про конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Папп В. В., Керек С. С. Дослідження породних ознак карпатських бджіл за допомогою програмного забезпечення «Veemorph». Бджільництво України. 2015. № 1. С. 103–109.
2. Керек С. С., Керек П. М. Особливості породної характеристики місцевих бджіл низинних районів Закарпатської області. Бджільництво України. 2017. № 2. С. 115–128.
3. Керек С. С., Керек П. М. Породна характеристика бджіл, що населяють райони Закарпатської області з гористою місцевістю. Бджільництво України. 2018. № 3. С. 50–62.
4. Дослідження породних особливостей місцевих бджіл Рахівського району Закарпатської області / С. С. Керек та ін. Бджільництво України. 2020. № 4. С. 25–27. DOI:10.46913/beekeepingjournal.2020.4.04.
5. Папп В. В., Кірман-Байза А. А., Плиська В. М. Оцінка простих міжтипових гібридів карпатських бджіл в парі поєднань Синевір та Вучківського. Бджільництво України. 2017. № 2. С. 158–165.
6. Папп В. В., Метлицька О. І., Палькіна М. Д. Генетичні особливості популяції карпатських бджіл чотирьох провідних типів. Розведення і генетика тварин. 2017. № 53. С. 228–235.
7. Cherevatov O. V., Panchuk I. I., Kerek S. S., Volkov R. A. Molecular diversity of the CoI-CoII spacer region in the mitochondrial genome and the origin of the Carpathian bee. Cytology and Genetics. 2019. No 4. P. 13–14. DOI:10.3103/S0095452719040030.
8. Петько М., Федорович В. Екстер'єрні ознаки та морфометричні показники крила бджіл різних селекційних кросів карпатської породи. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. 2022. Т. 24. № 96. С. 101–105.
9. Череватов В. Ф., Феркаляк В. Ю., Волков Р. А. Неконтрольована гібридація бджоли медоносною (*Apis mellifera* L.) на території Івано-Франківської

області. Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. 2014. Т.12. № 2. С. 234-240.

10. Яровець В., Бабенко В., Кривченко О. Морфометрія крил бджіл центральних та східних регіонів України. К: Пасіка. 2022. № 2. С. 22–25.

11. *Apis mellifera mellifera* in eastern Europe - morphometric variation and determination of its range limits / M. D. Meixner et al. *Apidologie*, Springer Verlag. 2007. Vol. 38. No 2. P. 191–197. URL:<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00892245>.

12. Галатюк О. Є., Яровець В. І., Бабенко В. В., Череватов В. Ф., Григоренко А. М., Стрільчук М. С., Кривченко О. М. Морфометрія крил робочих бджіл центральної та північної частини України. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». 2023. № 1. С. 74–87. DOI: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-74-87.

13. TpsDig. URL:<https://ru.freedownloadmanager.org/WindowsPC/tpsDig2.html>.

14. Єрина А. М., Єрін Д. Л. Статистичне моделювання та прогнозування: підручник. К: КНЕУ. 2014. 348 с.

15. Яровець В. І., Бабенко В. В., Галатюк О. Є. Морфометрія крил бджіл за вісьмома ознаками (індексами): Ci, Dbi, Disc.sh., Pci, Ri, Ci.2, Ci.2.1, Ci.3. Бджільництво України. 2022. № 8. С. 65–71. DOI:10.46913/beekeepingjournal.2022.8.10.

16. A review of methods for discrimination of honey bee populations as applied to European beekeeping / M. Bouga et al. *Journal of Apicultural Research*. 2011. Vol. 50. No 1. P. 51–84. DOI: 10.3896/IBRA.1.50.1.06.

17. Григорків Л. М. Порівняльна оцінка якості бджіл від маток різних поколінь генеалогічних груп. К: Бджільництво України. 2018. Т. 1. № 3. С. 29–35. URL:https://www.journalbeekeeping.com.ua/index.php/1_4/article/view/107.

18. Поліщук В. П. Бджільництво. К: Видавництво «Український пасічник», 2001. 296 с.

19. Поліщук В. П. Внутрішньопородний тип українських бджіл «Хмельницький». К: Пасічник. 2006. № 1. С. 12–13.

20. Поліщук В. П. Селекція українських бджіл. К: Пасіка. 2007. № 11. С. 2–5.

21. Morphological diversity and racial determination of the honey bee (*Apis mellifera* L.) population in the Republic of Macedonia / A. Uzunov et al. *Journal of Apicultural Research and Bee World*. 2009. Vol. 48. No 3. P. 196–203. DOI:10.3896/IBRA.1.48.3.08.

22. Яровець В., Бабенко В., Ферцак М., Швед О. Морфометрія крил робочих бджіл регіону Карпат (Стрийський район, Сколівська громада). К: Пасіка. 2023. № 1. С. 21–23.

23. Morphometry of wings of worker bees of the subspecies *Apis mellifera mellifera* L. (Polissya population of Zhyto- myr region) / O. Galatiuk et al. *Science Rise: Biological Science*. 2023. 1 (34). P. 38–49. DOI:10.15587/2519-8025.2023.275588.

24. Han F., Wallberg A., Matthew T. Webster From where did the Western honeybee (*Apis mellifera*) originate? *Ecology and Evolution*, 2012. Vol. 2. No 8. P. 1949–1957. DOI:10.1002/ece.3.312.

25. Труш Р., Галатюк О., Бабенко В., Яровець В. Дослідження гібридів за допомогою морфометрії крил робочих бджіл. Хмельницький: Пасічник. 2023. № 6 (231). С. 20–22.

REFERENCES

1. Papp, V. V., Kerek, S. S. (2015). Doslidzhennja porodnyh oznak karpats'kyh bdzhil za dopomogoju programnogo zabezpechennja «Beemorph» [Study of breed characteristics of Carpathian bees with the help of «Beemorph» software]. *Bdzhil'nyctvo Ukrai'ny* [Beekeeping of Ukraine]. no. 1, pp. 103–109. (in Ukrainian)..

2. Kerek, S. S., Kerek, P. M. (2017). Osoblyvosti porodnoi' harakterystyky miscevyh bdzhil nyzynnyh rajoniv Zakarpats'koi' oblasti [Peculiarities of breed characteristics of local bees in the lowland areas of the Transcarpathian region]. *Bdzhil'nyctvo Ukrai'ny* [Beekeeping of Ukraine]. no. 2, pp. 115–128. (in Ukrainian)..

3. Kerek, S. S., Kerek, P. M. (2018). Porodna harakterystyka bdzhil, shho nasel'jajut' rajony Zakarpats'koi' oblasti z gorystoju miscevistju [Breed characteristics of bees inhabiting regions of Zakarpattia region with mountainous terrain]. *Bdzhil'nyctvo Ukrai'ny* [Beekeeping of Ukraine]. no. 3, pp. 50–62. (in Ukrainian)..

4. Kerek, S. S., Keil, E. I., Kerek, P. M., Kizman-Baiza, A. A., Mertsyn, I. I., Papp, V. V. (2020). Doslidzhennja porodnyh osoblyvostej miscevyh bdzhil Rahivs'kogo rajonu Zakarpats'koi' oblasti [Study of breed characteristics of local bees of the Rakhiv district of Zakarpattia region]. *Bdzhil'nyctvo Ukrai'ny* [Beekeeping of Ukraine]. no. 4, pp. 25–DOI:10.46913/beekeepingjournal. 2020.4.04. (in Ukrainian).

5. Papp, V. V., Kizman-Baiza, A. A., Plyska, V. M. (2017). Ocinka prostyh mizhtypovyh gibrydiv karpats'kyh bdzhil v pari pojednan' Synevir ta Vuchkivsk'kogo [Evaluation of simple interspecific hybrids of Carpathian bees in a pair of Synevir and Vuchkivsky combinations]. *Bdzhil'nyctvo Ukrai'ny* [Beekeeping of Ukraine]. no. 2, pp. 158–165. (in Ukrainian)..

6. Papp, V. V., Metlytska, O. I., Palkina, M. D. (2017). Genetychni osoblyvosti populjacii' karpats'kyh bdzhil chotyroh providnyh typiv [Genetic features of the Carpathian bee population of the four leading types]. *Rozvedennja i genetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics]. Vol. 53, pp. 228–235. (in Ukrainian)..

7. Cherevatov O. V., Panchuk I. I., Kerek S. S., Volkov R. A. (2019). Molecular diversity of the Col-CoII spacer region in the mitochondrial genome and the origin of the Carpathian bee. *Cytology and Genetics*, no 4, pp. 13–14. DOI:10.3103/S0095452719040030. (in Ukrainian)..

8. Petko, M. S., Fedorovych, V. V. (2022). Ekster'jerni oznaky ta morfometrychni pokaznyky kryla bdzhil riznyh selekcijnyh krosiv karpats'koi' porody [Exterior features and morphometric parameters of the bees' wing of different breeding crosses of the Carpathian breed]. *Naukovyj visnyk LNUVMB imeni S. Z. G'zhyc'kogo* [Scientific Bulletin LNUVMB named after S. Z. Gzhitsky]. Vol. 24, no. 96, pp. 101–105. DOI:10.32718/nvlvet-a9613. (in Ukrainian).

9. Cherevatov, V. F., Ferkalyak, V. Yu., Volkov, R. A. (2014). Nekontrol'ovana gibrydyzacija bdzholy medonosnoi' (*Apis mellifera* L.) na terytorii' Ivano-Frankivs'koi' oblasti [Uncontrolled hybridization of the honey bee (*Apis mellifera* L.) in the territory of the Ivano-Frankivsk region]. *Visnyk Ukraïns'kogo tovarystva genetykiv i selekcioneriv* [Bulletin of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders]. Vol. 12, no. 2, pp. 234–240. (in Ukrainian).
10. Yarovets V., Babenko V., Kryvchenko O. (2022). Morfometrija kryl bdzhil central'nyh ta shidnyh regioniv Ukraïny [Morphometry of the wings of bees in the central and eastern regions of Ukraine]. K: Apiary, no. 2, pp. 22–25. (in Ukrainian).
11. Meixner, M. D., Worobik, M., Wilde, J., Fuchs, S., Koenigen, N. (2007). *Apis mellifera mellifera* in eastern Europe - morphometric variation and determination of its range limits. *Apidologie*, Springer Verlag. Vol. 38, no. 2, pp. 191–197. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00892245>.
12. Galatyuk, O., Yarovets, V., Babenko, V., Cherevatov, V., Grigorenko, A., Strilchuk, M., Kryvchenko, O. (2023). Morfometrija kryl robochyh bdzhil central'noi ta pivnichnoi chastyn Ukraïny [Wing morphometry of worker bees in the central and northern parts of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prac' «Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkciï tvarynnyctva»* [Collection of scientific works "Technology of production and processing of animal husbandry products"]. no. 1, pp. 74–87. DOI:10.33245/2310-9289-2023-178-1-74-87. (in Ukrainian).
13. TpsDig. Available at: <https://ru.freedomload-manager.org/Windows-PC/tpsDig2.html>.
14. Yerina A. M., Yerin D. L. (2014). *Statistical modeling and forecasting: a textbook* [Statistical modeling and forecasting: a textbook]. K: KNEU, 348 p. (in Ukrainian).
15. Yarovets V. I., Babenko V. V., Halatiuk O. Ie. (2022). Morfometrija kryl bdzhil za vis'moma oznakamy (indeksamy): Ci, Dbi, Disc.sh., Pci, Ri, Ci.2, Ci.2.1, Ci.3. [Morphometry of bee wings according to eight signs (indexes): Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri, Ci.2, Ci.2.1, Ci.3.]. *Bdzhil'nyctvo Ukraïny* [Beekeeping of Ukraine]. Vol. 8, pp. 65–71. DOI:10.46913/beekeepingjournal.2022.8.10. (in Ukrainian).
16. Bouga, M., Alaux, C., Bienkowska, M., Buchler, R., Carreck, N. L., Cauia, E., Chlebo, R., Dahle, B., Dall'Olio, R., De la Rúa, P., Gregorc, A., Ivanova, E., Kence, A., Kence, M., Kezic, N., Kiprijanovska, H., Kozmus, P., Kryger, P., Le Conte, Y., Lodesani, M., Murilhas, A. M., Siceanu, A., Soland, G., Uzunov, G., Wilde, J. (2011). A review of methods for discrimination of honey bee populations as applied to European beekeeping. *Journal of Apicultural Research*, Vol. 50, no. 1, pp. 51–84. DOI:10.3896/IBRA.1.50.1.06.
17. Hryhorkiv, L. M. (2018). Porivnialna otsinka yakosti bdzhil vid matok riznykh pokolin henealohichnykh hrup [Comparative assessment of the quality of bees from queens of different generations of genealogical groups]. K: Beekeeping of Ukraine, Vol. 1, no. 3, pp. 29–35. Available at: https://www.journalbeekeeping.com.ua/index.php/1_4/article/view/107. (in Ukrainian).
18. Polishchuk, V. P. (2001). *Bdzhil'nyctvo* [Apiculture]. K: Ukrainian Beekeeper Publishing House, 296 p. (in Ukrainian).
19. Polishchuk V. P. (2006). Vnutrishn'oporodnyj typ ukrai'ns'kyh bdzhil «Hmel'nyckyj» [Intrabreed type of Ukrainian bees "Khmelnyskyi"]. K: Beekeeper, no. 1. pp. 12–13. (in Ukrainian).
20. Polishchuk, V. P. (2007). Selekcija ukrai'ns'kyh bdzhil [Selection of Ukrainian bees]. K: Apiary, no. 11, pp. 2–5. (in Ukrainian).
21. Uzunov, A., Kiprijanovska, H., Andonov, S., Naumovski, M., Gregorc, A. (2009). Morphological diversity and racial determination of the honey bee (*Apis mellifera* L.) population in the Republic of Macedonia. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, Vol. 48, no. 3. pp. 196–203. DOI:10.3896/IBRA.1.48.3.08.
22. Yarovets, V., Babenko, V., Fertsak, M., Shved, O. (2023). Morfometrija kryl robochyh bdzhil regionu Karpat (Stryjs'kyj rajon, Skolivska gromada) [Morphometry of the wings of worker bees of the Carpathian region (Strytsky district, Skolivska hromad)]. K: Apiary, no. 1, pp. 21–23. (in Ukrainian).
23. Galatiuk, O., Yarovets, V., Babenko, V., Cherevatov, V., Gutiy, B., Hryhorenko, A., Strilchuk, M., Stolyar, I. (2023). Morphometry of wings of worker bees of the subspecies *Apis mellifera mellifera* L. (Polissya population of Zhytomyr region). *Science Rise: Biological Science*, 1 (34), pp. 38–49. DOI:10.15587/2519-8025.2023.275588. (in Ukrainian).
24. Han, F., Wallberg, A., Matthew, T. (2012). Webster From where did the Western honeybee (*Apis mellifera*) originate? *Ecology and Evolution*, Vol. 2, no. 8. pp. 1949–1957. DOI:10.1002/ece3.312.
25. Trush, R., Galatyuk, O., Babenko, V., Yarovets, V. (2023). Doslidzhennja gibrydiv za dopomogoj morfofetrii kryl robochyh bdzhil [Study of hybrids using wing morphometry of worker bees]. *Khmelnyskyi: Beekeeper*, no. 6 (231), pp. 20–22. (in Ukrainian).

Wing morphometry of worker bees of Kharkiv, Sumy and Poltava regions of Ukraine

Babenko O., Galatyuk O., Cherevatov V., Yarovets V., Hryhorkiv L., Kalashnikov O., Egoshin L., Romanyshyn T.

The affiliation of local bee populations spread across the territory of Ukraine to the subspecies *A. m. carnica*, *A. m. macedonica*, *A. m. mellifera*, and *A. m. caucasica* has been studied previously in most cases using various phenotypic characteristics, and in some cases, through the study of mitochondrial DNA. According to previous morphometric studies, it was not possible to identify bee families that could be qualified as "purebred".

The aim of this study was to investigate three apiaries from different regions of Ukraine where selection measures are systematically carried out to reproduce and preserve the local population of Ukrainian steppe bees, subspecies *A. m. macedonica*. The goal was to confirm this breeding positioning and find bee families suitable for further breeding work.

The study focused on the wing phenotypes of worker bees. In this work, 10 traits were considered as

wing phenotypes: seven indices C_i , Db_i , $Disc.sh$, R_i , $C_i.2$, $C_i.3$, $C_i.2.1$, and three angles A_4 , E_9 , J_{10} . Statistical data processing methods and the STATISTICA software package were used as research tools.

A total of 5200 wings of worker bees from 53 apiaries in the Kharkiv, Sumy, and Poltava regions were studied. The classification of wings in the Sumy and Poltava regions was carried out into four clusters, while in Kharkiv, it was into three clusters. Preliminary classification based on Euclidean distances using the mean values of traits for individual wing clusters and taking into account the Mahalanobis distances between cluster centroids formed three data arrays labeled as "UkrStep" and "UkrStep.2," which were attributed to the subspecies *A. m. macedonica*, and "Carnica," attributed to the subspe-

cies *A. m. carnica*. These can be used as regional standards for studying bee families in this part of Ukraine with the aim of establishing their probable breed.

It was found that the population of Ukrainian steppe bees (62.2%) predominates by phenotype on the studied apiaries. For four bee families from the Kuzemin apiary, 92%-100% of worker bees belong to Ukrainian steppe bees. AOn the apiary in Kharkiv, only one bee family had 86% of worker bees belonging to the population of Ukrainian steppe bees. It is recommended to use queens from four bee families for breeding purposes: one queen from the Kharkiv apiary and three queens from the Kuzemin apiary.

Key words: Classical morphometry of worker bee wings, discriminant analysis.



Copyright: Бабенко В.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Бабенко В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-4278-6473>

Галатюк О.Є.

<https://orcid.org/0000-0002-9720-0660>

Череватов В.Ф.

<https://orcid.org/0000-0003-4785-1913>

Яровець В.І.

<https://orcid.org/0000-0001-7083-8130>

Григорків Л.М.

<https://orcid.org/0009-0000-7371-8169>

Калашніков О.Є.

<https://orcid.org/0009-0001-2804-7607>

Єгошин Л.Р.

<https://orcid.org/0009-0002-4994-6414>

Романишина Т.О.


<https://orcid.org/0000-0003-3483-2887>

УДК 637.068

Використання ДНК-технологій для експертизи харчових продуктів

Димань Т.М. , Димань Н.О. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Димань Т.М. tetyanadyman@gmail.com



Димань Т. М., Димань Н. О. Використання ДНК-технологій для експертизи харчових продуктів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 90–99.

Dyman T., Dyman N. Use of DNA technologies for the examination of foodstuff. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 90–99.

Рукопис отримано: 07.09.2023 р.

Прийнято: 22.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-90-99

Невід'ємною складовою системи управління в галузі харчової безпеки є експертиза харчових продуктів, яка базується здебільшого на фізичних, хімічних, фізико-хімічних та біохімічних методах досліджень. Прогрес в опануванні методів ДНК-діагностики став стимулом для розроблення і впровадження в лабораторну практику високочутливих методик оцінювання безпеки і якості харчових продуктів, основаних на методі полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР).

За останні десятиліття попит на молекулярні інструменти для експертизи харчових продуктів, їх автентифікації та простежуваності значно зріс. Це пов'язано з тим, що законодавство в харчовому секторі стає дедалі жорсткішим, а ринкові стратегії спрямовано на оцінювання харчового ланцюга «від поля до столу» й забезпечення відповідності вибору споживачів їхнім очікуванням.

Представлено огляд перевірених і широко протестованих молекулярних підходів для експертизи харчових продуктів: метод PCR-RFLP, RAPD-PCR, SSR-PCR, RT-PCR. Описано також потенціал і перспективи найновіших технологій, таких як SNPs – однонуклеотидні поліморфізми, ізотермічна ампліфікація, цифрова ПЛР, повногеномне секвенування, меташтрихкування ДНК. Зазначені методи вирізняються високою продуктивністю, швидкістю і масштабуванням, уможливають дослідження біологічних систем на новому якісному рівні. Наведено приклади успішного використання зазначених методів для експертизи харчових продуктів рослинного і тваринного походження, їх автентифікації та простежуваності.

Широка панель молекулярних методів є потужним інструментом захисту як виробників, так і споживачів, забезпечуючи свободу вибору споживачам і підвищуючи прозорість систем виробництва харчових продуктів.

Ключові слова: ДНК-технології, полімеразна ланцюгова реакція, харчова безпека, експертиза харчових продуктів.

Постановка проблеми. Різке погіршення екологічної ситуації практично в усіх регіонах світу, пов'язане з антропогенною діяльністю, істотно вплинуло на якісний склад їжі і харчову безпеку. Гарантування безпеки і якості харчової продукції сьогодні має важливе соціально-медичне та соціально-економічне значення.

Однією із основних проблем охорони здоров'я та економіки є мікробна контамінація їжі. Цей чинник біологічної небезпеки переважає численні інші за кількістю потерпілих,

швидкістю розвитку захворювань, здатністю перетворювати доброякісну продукцію у непридатну для споживання у разі порушення умов зберігання.

Через їжу передається понад 200 хвороб бактеріальної, вірусної, паразитарної природи. За оцінками ВООЗ, щороку від цих хвороб потерпає приблизно 600 млн осіб (майже кожний 10-й мешканець планети) і 420 тис. помирає. Чисельність таких захворювань зростає в усьому світі, навіть у економічно розвинутих

країнах. Аліментарний шлях передавання збудників переважає під час спалахів гострих кишкових інфекцій у населення, а за деяких нозологій, наприклад сальмонельозу, є основним. У 2005–2015 рр. харчове походження мали 75 % випадків емерджентних інфекцій, і в подальшому їх приріст прогнозують саме за рахунок харчового шляху передавання [51].

Загрози мікробної контамінації харчової продукції зростають через глобальні антропогенні та техногенні впливи на навколишнє природне середовище, що призводить до глибоких змін якісних та кількісних характеристик мікробіоценозів. Зокрема, широке застосування антибіотиків, включаючи сільське господарство, прискорило еволюцію бактерій й призвело до появи резистентних штампів з підвищеною вірулентністю. Використання технологій холодильного зберігання, упакування без доступу повітря, мінімальної переробки сировини зумовило накопичення в їжі мало вивчених чи невластивих для конкретних локальностей бактерій, вірусів, плісневих грибів, токсинів, пріонів. Деякі патогенні бактерії та віруси можуть зберігати життєздатність роками, несучи в собі потенційну загрозу [4].

У сенсі нешкідливості та ефективності застосування важливе значення має дослідження технологічних мікроорганізмів та їх метаболітів. Наприклад, у молочній промисловості під час виробництва кисломолочних продуктів, сирів, кисловершкового масла для формування смаку і консистенції широко використовують молочнокислі бактерії. Останні допомагають також підтримувати свіжість продуктів шляхом пригнічення патогенної мікрофлори, що дає змогу зменшувати кількість штучних консервантів. Визначення справжності (автентифікація) заквашувальних та пробіотичних мікроорганізмів на кшталт *Bifidobacterium spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Lactococcus spp.*, *S. thermophilus* – важливе завдання харчової галузі [26].

Для захисту здоров'я і життя населення створюються системи забезпечення мікробіологічної безпеки їжі, що базуються на нормативно-правових вимогах у санітарному, харчовому законодавстві і технічному регулюванні, гігієнічному нормуванні, державному нагляді і виробничому контролі продукції. Ці системи мають постійно удосконалюватися на основі нових знань у сфері біології, генетики мікробів з урахуванням їх мінливості, поведінки і виживання в процесі технологічної переробки і взаємодії з макроорганізмами.

Ще одна проблема харчової безпеки – фальсифікація харчових продуктів, що сприяло розвитку їх тестування не лише на рівні

наукових досліджень, а й на промисловому та правоохоронному рівнях для виявлення несумлінної поведінки виробників [40]. Яловичина, свинина, курятина, буйволятина та ін. – м'ясо, яке широко використовується у м'ясопереробній галузі, має важливе харчове, економічне та культурне/релігійне значення й водночас часто виявляється взаємно фальсифікованим у сирому та переробленому вигляді. Має місце також часткова підміна м'яса субпродуктами, молочними продуктами (сухим молоком) або рослинною сировиною (соєю, крохмалем, борошном, крупами, овочами) [32, 44]. Фальсифікацію м'ясної продукції може зумовлювати мимовільне перехресне забруднення, спричинене спільним використанням обладнання для переробки різних видів рослин і тварин [52]. З огляду на це важливо здійснювати ідентифікацію видової належності тваринних тканин у м'ясній сировині, подрібненій сировині у складі м'ясних напівфабрикатів та готових необроблених м'ясних виробів, а також тих, що зазнали термічної обробки.

Сьогодні як в Україні, так і в інших країнах світу актуальним є розроблення технологій харчових продуктів спеціалізованого призначення, спрямованих на профілактику та лікування аліментарно-залежних захворювань. До таких видів продуктів можна віднести, наприклад, безглютенові вироби, які призначені для людей, хворих на целиакію. Відтак, постає проблема щодо організації ефективного лабораторного контролю харчових продуктів на предмет умісту глютену та інших харчових алергенів, а також розроблення та впровадження програми їх моніторингу в харчових продуктах, надто в спеціальному дієтичному та дитячому харчуванні, коректного маркування цих продуктів та гармонізації українського законодавства з європейськими вимогами [16, 34].

Особливої уваги потребує присутність у харчовій продукції генетично модифікованих організмів (ГМО). Система гарантування безпеки ГМО та продукції з ГМО для населення в Україні фактично не діє. Державних реєстрів ГМО та продукції з ГМО не створено. Лабораторний контроль за обігом ГМО в країні здійснюється неналежним чином, оскільки відсутня уніфікована методологія досліджень, не визначено вимог до періодичності здійснення таких досліджень, відсутні сучасні, якісні й недорогі діагностичними вітчизняного виробництва. Тим часом генетично модифіковані інгредієнти виявляють у багатьох вітчизняних продуктах, передусім у ковбасних виробів та м'ясних напівфабрикатах, кондитерській про-

дукції, яку виготовляють з використанням соєвих бобів та кукурудзи [33].

Невід'ємними складовими системи управління в галузі безпеки харчової продукції й фундаментальними компонентами ланцюга її постачання є простежуваність та автентифікація. Надійна система й методологія автентифікації та простежуваності може стати важливим інструментом захисту споживачів, зменшуючи ймовірність споживання фальсифікованих чи забруднених харчових продуктів, а також посилюючи контроль постачальників й безпеку виробничих процесів.

Розроблено й впроваджено широкий спектр аналітичних методів для простежуваності та автентифікації харчових продуктів. Тривалий час аналіз харчових продуктів базувався на фізичних, хімічних, фізико-хімічних та біохімічних методах, які потребують багато часу і мають низький рівень точності. Інструментальні аналізи, які зазвичай використовують у фізико-хімічних методах, мають систематичні помилки, пов'язані з використанням обладнанням і реагентами, а також помилки на етапах пробопідготовки, зчитування результатів аналізу. Результати біохімічних тестів, що використовуються для ідентифікації та біотипування бактерій, можуть демонструвати мінливість через вплив чинників навколишнього середовища на експресію генів, низьку дискримінаційну здатність мікроорганізмів з низькою генетичною мінливістю, що призводить до помилкових інтерпретацій [52].

Сучасною тенденцією у харчовій галузі є розроблення діагностичних приладів для швидкої ідентифікації цільових аналітів у харчових продуктах. Нині дедалі активніше для оцінювання безпеки і якісного складу харчової продукції застосовують методи, основані на аналізі молекул ДНК. Прогрес в опануванні методів ДНК-діагностики став стимулом для розроблення і впровадження в практику високочутливих методик оцінювання якості та експертизи харчових продуктів, що базуються на методі полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР).

Незважаючи на зазначене вище, спостерігається значний дефіцит робіт з практичного застосування сучасних досягнень генетики, ДНК-технологій під час розроблення систем моніторингу показників безпечності та якості сільськогосподарської сировини та харчової продукції на всіх етапах їх виробництва.

Мета статті – представити основні молекулярно-генетичні методи, які використовують для експертизи харчових продуктів, їх простежуваності та автентифікації.

Метод полімеразної ланцюгової реакції

В основі ПЛР – багатократне збільшення кількості копій (ампліфікація) нуклеотидних фрагментів-мішеней ДНК ферментом Таq-полімеразою у присутності синтетичних олігонуклеотидних праймерів та дезоксирибонуклеозидтрифосфатів. Впродовж кількох годин можна виділити та розмножити певну послідовність ДНК у кількості, що перевищує вихідну в 10^8 разів [31].

Всі діагностичні системи, основані на ампліфікації нуклеїнових кислот, значно переважають інші методики за чутливістю і точністю. Метод ПЛР добре піддається автоматизації, забезпечуючи високу пропускну здатність, стандартність виконання процедури, зведення до мінімуму ризику помилок за рахунок суб'єктивного фактора. Результати ДНК-аналізу наглядні, вони легко документуються, що дає змогу зберігати й швидко надавати первинні матеріали експертизи. Це забезпечує високу достовірність даних, відтак підвищує цінність експертних висновків. На молекулярні методи не впливають зміни навколишнього середовища, умови зберігання, виробничий процес тощо [13].

За останні десятиліття попит на молекулярні інструменти для експертизи харчових продуктів, їх автентифікації та простежуваності значно зріс. Це пов'язано з тим, що законодавство в харчовому секторі стає дедалі жорсткішим, а ринкові стратегії спрямовано на оцінювання харчового ланцюга «від поля до столу» й забезпечення відповідності вибору споживачів їхнім очікуванням [13, 52].

Для аналізу харчових продуктів застосовують різні варіанти ПЛР та її модифікації: метод PCR-RFLP, що базується на поліморфізмі довжин рестрикційних фрагментів; метод RAPD, у результаті якого відбувається випадкова ампліфікація поліморфної ДНК; SSR-PCR – ампліфікуються мікросателітні або прості повтори послідовностей ДНК; RT-PCR – полімеразна ланцюгова реакція у реальному часі; Nested-PCR – гніздова (вкладена) ПЛР; мультиплексна ПЛР та ін.

PCR-RFLP (restriction fragment length polymorphism – поліморфізм довжин рестрикційних фрагментів, ПДФ)

PCR-RFLP – спосіб дослідження геномної ДНК шляхом фрагментування ДНК за допомогою ендонуклеаз рестрикції і подальшого аналізу розмірів утворених фрагментів за використання методу гель-електрофорезу [37].

За допомогою RFLP було проаналізовано мітохондріальну ДНК різних видів риб і про-

ведено їх диференціацію. Фальсифікація деяких видів риби, зокрема лосося, дуже поширена, й рибопереробні підприємства потребують підтвердження, що рибна сировина, яку вони отримують, відповідає сертифікаціям поставальника. Дослідники розробили метод ампліфікації певної частини мітохондріальної ДНК й використали RFLP для її розрізнення. Для цього продукти ампліфікації гідролізували ендонуклеазою рестрикції і на основі поліморфізму рестрикційних фрагментів змогли ідентифікувати різні види риби [50].

У багатьох європейських країнах (Німеччина, Австрія, Швейцарія) проблему становить фальсифікація спельти (гексаплоїдний вид пшениці). Через невеликі обсяги вирощування її ціна досить висока, тому деякі поставальники змішують зерно спельти з зерном пшениці. Зазначені види морфологічно схожі, і їх не розрізняють під час контролю якості в багатьох харчових галузях. У зв'язку з цією проблемою для контролю автентичності вивчали поліморфізм гена гама-гліадину пшениці і спельти за використання поліморфізму рестрикційних фрагментів. Дослідники визнали метод досконалим для контролю якості зернових культур, насіння та чистоти сортів [30].

RAPD-PCR (random amplification of polymorphic DNA – випадково ампліфікована поліморфна ДНК)

У RAPD-PCR використовується як один, так і декілька праймерів. Продукт RAPD утворюється у результаті ампліфікації фрагмента геномної ДНК, фланкованої інвертованою послідовністю використовуваного праймера. Метод універсальний для дослідження різних видів за використання одних і тих самих праймерів. Зазвичай праймер, що виявляє високий поліморфізм для одного виду, буде ефективним і для інших [18].

За допомогою RAPD-PCR аналізували *Campylobacter spp.* у харчових продуктах та об'єктах довкілля [23], досліджували генетичну мінливість *Listeria monocytogenes* у харчових ізолятах [29].

Ефективність методу RAPD-PCR було доведено для ідентифікації свіжого м'яса, отриманого від різних видів тварин – великої рогатої худоби, кіз, овець, верблюдів, свиней, диких кабанів, ослів, котів, собак, кролів та ведмедів. Для цього дослідники використали декануклеотидний праймер ACGACCCACG. Тим часом ефективність методу для ідентифікації видів у м'ясних сумішах змінювалася залежно від складу суміші [1].

Молекулярні зонди на основі RAPD було використано для ідентифікації трьох видів яловичини – отриманої від великої рогатої худоби голштинської, ангуської та тайванської жовтої породи [27].

SSR-PCR (simple sequence repeats – прості повторювані послідовності)

Прості повтори послідовностей ДНК – це тандемні повторювані мотиви завдовжки 2–6 п. н., фланковані висококонсервативними послідовностями. Поліморфізм обумовлений різною кількістю повторів у мікросателітній ділянці і може бути легко виявлений за допомогою ПЛР [54]. Високий рівень поліморфізму зазначених послідовностей ДНК та висока відтворюваність методу сприяли тому, що SSR-PCR став найширше застосовуваним підходом у дослідженні агропродовольчої продукції, передусім для ідентифікації видів і сортів, виявлення фальсифікацій. Найпоширеніший підхід передбачає ампліфікацію ділянок ДНК, що становлять інтерес, з подальшим оцінюванням розмірів фрагментів (ампліконів) за допомогою капілярного електрофорезу. Більшої ефективності в аналізі ампліконів досягають за використання методу плавлення з високою роздільною здатністю (SSR-HRM). Останній підхід було використано, наприклад, для з'ясування сортового складу оливкової олії та винних сумішей, й вдалося визначити фальсифікат у межах від 1 до 2,5 % [9].

SSR було ефективно використано для оцінювання відповідності сортів малини [35], оливок [41] і навіть цукіні (виду, який вирізняється обмеженим сортовим різноманіттям) [46], відстеження моносортних і полісортних вин по всьому виробничому ланцюгу [53].

RT-PCR – полімеразна ланцюгова реакція у реальному часі

Революцію в сенсі кількісного визначення та фрагментації ДНК і РНК здійснило розроблення ПЛР у реальному часі. Це потужний, високоточний і чутливий метод, який уможливорює визначення не тільки присутності цільової нуклеотидної послідовності в зразку, а й кількості її копій. Кількість ампліфікованої ДНК вимірюється після кожного циклу ампліфікації за допомогою флуоресцентних міток – зондів чи інтеркаляторів. Оцінювання може бути кількісним (визначення кількості копій матриці) та відносним (вимірювання відносно внесеної ДНК чи додаткових калібрувальних генів) [45]. Метод уможливорює автоматичну реєстрацію та інтерпретацію отриманих результатів. До переваг технології можна віднести

зменшення артефактів та часу на проведення аналізу, що досягається за рахунок відмови від гель-електрофорезу, а також підвищення специфічності.

Розроблено декілька варіантів RT-PCR, які різняться способами детекції результатів ПЛР: SYBR Green, TaqMan, з молекулярними маяками (molecular beacons), з MGB-зондами (minor groove binding, проба малої борозенки ДНК), з зондами Scorpion і Duplex Scorpion, з резонансним перенесенням енергії флуоресценції (FRET – fluorescence-resonance resonance energy transfer) та ін.[48].

Метод напівкількісної ПЛР (англ. semi-quantitative sqPCR) – це модифікований метод кількісної ПЛР. Його часто використовують для порівняння експресії декількох генів. У цьому випадку вимірюють кількість накопиченого продукту лише в одній точці – після завершення реакції [19].

Часто ПЛР в реальному часі комбінують з іншими методами, зокрема з ПЛР зі зворотною транскрипцією (RT-qPCR). Це варіант ПЛР, в якому один ланцюг РНК зворотно транскрибується в її комплементарну ДНК за допомогою ферменту резервної транскриптази. Отриману кДНК ампліфікують за допомогою ПЛР. Цей метод дає змогу виявляти низькі рівні експресії генів і полегшує створення бібліотек кДНК або клонування специфічних кДНК [8].

Метод RT-PCR зручний для визначення видової належності м'яса тварин у термічно обробленій продукції, оскільки уможливує ідентифікацію навіть невеликих фрагментів ДНК, що збереглися після теплової обробки м'яса. Наприклад, завдяки цьому методу в дослідних сумішах вдалося ідентифікувати яловичину, що піддавалась термічній обробці, слідові кількості свинини, конини, баранини, курятини та індичатини. Рівень виявлення становив 0,05 %, кросреактивності з іншими дикими та свійськими тваринами не було виявлено [25].

В іншому дослідженні ПЛР зі зворотною транскриптазою та RT-PCR було використано для виявлення та кількісного визначення мРНК актину дріжджів та плісняви в йогуртах та пастеризованих молочних продуктах. Для цього було розроблено універсальні праймери на основі послідовностей актину грибів, що дало змогу ампліфікувати в ПЛР фрагмент розміром 353 п. н., притаманний для видів грибів, які спричиняють псування харчових продуктів [6].

Метод sqPCR та SYBR® Green-технологія методу ПЛР у реальному часі, було використано для визначення вмісту глютену в харчовій продукції [42]. За використання як мішеней генів *γ-hordein*, *gos9*, *helianthinin* та

acetyl-CoAcarboxylase було розроблено чотири незалежні TaqMan RT-PCR-системи для ідентифікації та кількісного оцінювання в продукції вмісту таких культур як ячмінь, рис, соняшник та пшениця [22]. З 2013 р. компанія R-Biopharm (Німеччина) розпочала виробництво лінійки комерційних наборів SureFood® Алерген для визначення харчових алергенів, зокрема глютену (SureFood® ALLERGEN QUANT Gluten) за допомогою TaqMan-технології RT-PCR. Набір дає змогу визначати від 1 до 400 мг алергенної речовини на кг харчового продукту [38].

SNPs (single nucleotide polymorphisms – однонуклеотидні поліморфізми)

Однонуклеотидні поліморфізми – це варіації послідовностей ДНК, що містять одну основу. Вони є найпоширенішими маркерами в будь-якому живому організмі, а їх діалельна природа забезпечує низький рівень помилок у визначенні алелів порівняно з іншими молекулярними маркерами. Крім того, ідентифікація SNP не потребує розділення ДНК за розміром й придатна для автоматизації, що значно збільшує швидкість і відтворюваність аналізу.

SNPs широко використовують у простежуваності харчових продуктів тваринного походження, зокрема для визначення видової належності м'яса [57].

У 2011–2015 рр. за використання панелі 54 SNP було диференційовано види мідій (*Mytilus spp.*) у 21 зразку харчових продуктів, придбаних у супермаркетах та на ринках Італії, Іспанії, Польщі та Німеччини. У 85 % випадків заявлена на етикетках харчових продуктів інформація відповідає результатам, отриманим за допомогою генетичних інструментів. У харчових зразках ідентифікували два види мідій: *M. edulis* і *M. galloprovincialis* (атлантичні та середземноморські форми) [49].

Стосовно простежуваності продукції рослинного походження SNPs використовували здебільшого для аналізу оливкової олії [5], диференціації сортів кави арабіки та робусти [43], ідентифікації сортів винограду у сусліках та винах [7, 11].

Окремої уваги заслуговує система SNP-генотипування, що базується на використанні нанофлюїдних технологій. Ця система полягає у використанні інтегрованих рідинних контурів для високопродуктивної RT-PCR, що уможливує аналіз декількох зразків за короткий час з використанням невеликих кількостей ДНК. Нанофлюїдний протокол SNP було успішно застосовано для виявлення фальсифікації сортів какао-бобів [14], дискримінації 40 сортів чаю [15], диференціації кавових зерен [55].

Цифрова ПЛР

Останніми роками розвиваються методи, основані на цифровій ПЛР (dPCR), які дають змогу набагато швидше і простіше виявляти забруднювальні речовини в харчових продуктах. dPCR уможливорює абсолютне кількісне визначення цільової нуклеїнової кислоти в зразку навіть за мізерної присутності її копій. Метод працює шляхом розділення фрагментів ДНК на тисячі окремих чипів, що дає змогу безпосередньо підрахувати кількість молекул-мішеней за допомогою пуассоновської статистики [12, 28]. Цифрову ПЛР ефективно використовують для моніторингу ГМО, ідентифікації різноманітних патогенів, виявлення харчових фальсифікацій. Наприклад, dPCR було успішно використано для виявлення наявності арахісових та соєвих алергенів у хлібобулочних виробах [13]. Дуплексний чиповий цифровий ПЛР-аналіз застосовано для ідентифікації й кількісного оцінювання присутності пшениці звичайної у всьому ланцюгу виробництва макаронних виробів. Точність якісного аналізу становила 0,3 %, кількісного – 1,5 % [13]. Дуплексна крапельна та чипова цифрова ПЛР продемонстрували ефективність під час кількісного визначення квасолі в пасті із насіння лотоса. Останню часто фальсифікують дешевшими інгредієнтами [13].

Методи, що базуються на ізотермічній ампліфікації

Дешевшою спрощеною альтернативою класичної ПЛР є методи, основані на ізотермічній ампліфікації, за останню декаду було розроблено низку таких методів. Вони забезпечують швидке й ефективно виявлення ДНК-мішеней без використання термоциклера й уможливають експоненціальне збільшення копій певної ділянки ДНК чи РНК за постійної температури. Методи здебільшого використовують для виявлення різних мікроорганізмів і є зручним інструментом для контролю аліментарно залежних захворювань. Найпоширенішим серед зазначених методів є петельна ізотермічна ампліфікація (LAMP – loop mediated isothermal amplification), що використовує 4–6 різних праймерів, здатних розпізнавати 6–8 різних послідовностей цільової ділянки ДНК. Продуктами ампліфікації є шпильки ДНК з різними інвертованими цільовими повторами. Ці продукти можуть бути виявлені різними методами, включаючи аналіз у реальному часі [56]. Підхід було використано для підтвердження автентичності шафрану та виявлення його фальсифікатів, таких як сафлор і куркума [58], для виявлення ДНК гранату, яблука та винограду у свіжому фруктовому соку [24], виявлення сорту пшениці *Aureo* в зерні та борошні [10].

NGS (next generation sequencing – секвенування нового покоління)

Традиційне секвенування за методом Санджера за один раз дає можливість виявити певну ділянку ДНК розміром не більш як 900 п. н. Це відносно повільний і трудомісткий метод, що має високу вартість, потребу у високоякісній ДНК, обмеження за кількістю зразків, які можна проаналізувати одночасно. Ці чинники зумовили витіснення секвенування за Санджером технологіями секвенування нового покоління (NGS), які дають змогу «прочитати» одразу декілька ділянок геному. NGS здійснюють за допомогою повторюваних циклів подовження ланцюга, індукованого полімеразою, чи багатократного лігування олігонуклеотидів. У ході NGS може генеруватися до сотень мегабаз і гігабаз нуклеотидних послідовностей за один робочий цикл. Метод має високу продуктивність, швидкість і масштабування, уможливує дослідження біологічних систем на новому якісному рівні [47].

Незважаючи на великий потенціал методів NGS, їх використання у сфері молекулярної простежуваності харчових продуктів наразі вкрай обмежене, передусім через високу вартість і потребу в значних обчислювальних потужностях. Якість виділеної із харчового продукту ДНК також має бути високою, чого не завжди можна досягти, особливо коли продукт піддавався глибокій переробці. Існує дві основні стратегії NGS: повногеномне секвенування та меташтрихкодування (метабаркодинг) ДНК [21].

Повногеномне секвенування (WGS) уможливує сканування кількох видів одночасно, навіть якщо вони в невеликій кількості присутні в харчовій матриці. Метод доцільно використовувати для ідентифікації й характеристики складних мікробних спільнот у зразках харчових продуктів, некультивованих форм патогенних мікроорганізмів, а також джерел контамінації [2]. З високою специфічністю і чутливістю можна простежувати конкретні види і сорти у складі харчових продуктів, ідентифікувати заборонені види, аналізувати складні харчові матриці й виявлені зчитування співвідносити з відповідними організаціями шляхом порівняння зі спеціальними базами даних [13].

Практичним втіленням зазначеної технології було розроблення програмного пайплайну під назвою AFS (All-Food-Seq) для кількісного аналізу видового складу харчових продуктів. Розробниками використано переваги глибокого секвенування тотальної ДНК, що дало змогу ідентифікувати види шляхом порівняння зчитувань з загальнодоступними референтними

геномними послідовностями, а також визначити пропорції кожного виду на основі підрахунку зчитувань послідовностей. Метод успішно застосовують для простежуваності та автентифікації різних харчових продуктів рослинного і тваринного походження [39].

Ще один приклад – розроблення біоінформатичного пайплайну FASER (Food Authentication from Sequencing Reads) для визначення складу еукаріотичних видів у харчових сумішах за допомогою секвенування РНК чи ДНК. Крім того, було розроблено базу даних, що включає понад 6000 рослин і тварин, які можуть бути присутніми у складі харчових продуктів. FASER виявився високочутливим і точним інструментом для виявлення шахрайських підмін чи забруднень у найрізноманітніших харчових матрицях [20].

За допомогою повногеномного секвенування вдалося ідентифікувати ДНК люпину під час аналізу печива, виготовленого із пшеничного борошна, в якому містилося 0,05 % люпинового борошна [36].

Підхід меташтрихкодування ДНК поєднує високопродуктивні стратегії секвенування зі штрихкодуванням ДНК, що уможливує аналіз декількох ампліконів, які відповідають різним ділянкам штрих-коду, шляхом їх паралельного секвенування. Загальна стратегія базується на (1) виділенні тотальної ДНК із харчових продуктів, (2) ампліфікації певної ділянки штрих-коду розміром від 120 до 600 п. н., (3) секвенуванні відповідного амплікону, (4) аналізі послідовності за допомогою спеціальних пайплайнів. Ця стратегія особливо принагідна для аналізу високотехнологічних харчових продуктів, оскільки ДНК, виділена із таких матриць, зазвичай деградована, відтак ампліфікуються лише короткі ділянки [17]. Наявність декількох баз даних штрих-кодування ДНК рослин значно спрощує виявлення та ідентифікацію видів рослин.

Ефективність метабаркодингу ДНК було доведено, наприклад, під час досліджень поліфлорного та монофлорного меду – було не тільки ідентифіковано ботанічний склад меду, а й досліджено його географічне походження на основі генетичної характеристики складу пилку [3].

За використання NGS вдалося значно прискорити визначення повної послідовності мільйонів геномів організмів, починаючи від бактерій і завершуючи людиною. З'явилась реальна можливість одночасно оцінювати експресію тисяч генів в організмах, тканинах та поодиноких клітинах (секвенування транскриптомів), а також аналізувати регуляцію їх активності

(аналіз експресії мікро РНК та метилювання геному). Зазначені підходи реалізуються на секвенаторах нового покоління, основними виробниками яких є компанії Illumina, Thermo Fisher Scientific, Pacific Biosciences и Oxford Nanopore Technologies.

За останні дві декади було розроблено, комерціалізовано і продовжують розвиватися нові технології визначення послідовностей ДНК. В основу їх розроблення покладено прагнення до мініатюризації, автоматизації, збільшення обсягу отриманих даних, а також здешевлення процесу.

Висновки. Таким чином, молекулярно-генетичні методи становлять великий інтерес для здійснення експертизи харчових продуктів, їх ідентифікації та простежуваності. Можливість бути обізнаним про склад харчової продукції набуває дедалі більшого значення для споживачів. Широка панель молекулярних методів є потужним інструментом захисту як виробників, так і споживачів, забезпечуючи свободу вибору споживачам і підвищуючи прозорість систем виробництва харчових продуктів, що дає змогу чесним виробникам належним чином просувати свою продукцію.

REFERENCES

1. Arslan, A., Ilhak, I.O., Calicioglu, M., Karahan, M. (2005). Identification of meats using random amplified polymorphic DNA (RAPD) technique. *Journal of Muscle Foods*, 16 (1), pp. 37–45 DOI:10.1111/j.1745-4573.2004.07504.x
2. Beck, K. L., Haiminen, N., Chambliss, D., et al. (2021). Monitoring the microbiome for food safety and quality using deep shotgun sequencing. *NPJ Sci Food*. 5 (3). DOI:10.1038/s41538-020-00083-y.
3. Beltramo, C., Cerutti, F., Brusa, F., Mogliotti, P., et al. (2021). Exploring the botanical composition of polyfloral and monofloral honeys through DNA metabarcoding. *Food Control*, 128. DOI:10.1016/j.foodcont.2021.108175
4. Belyh, I. A., Kleshev, N. F., Grek, A. M., Sakun, A. V. (2012). Analysis of methods of indication of microorganisms and products of their metabolism. *Modern problems of toxicology*, 3–4, pp. 70–80 (in Ukrainian).
5. Ben Ayed, R., Rebai, A. (2019). Tunisian table olive oil traceability and quality using SNP genotyping and bioinformatics tools. *BioMed Res. Int.* DOI:10.1155/2019/8291341.
6. Blevé, G., Rizzotti, L., Dellaglio, F., Torriani, S. (2003). Development of reverse transcription (RT)-PCR and real-time RT-PCR assays for rapid detection and quantification of viable yeasts and molds contaminating yogurts and pasteurized food products. *Appl Environ Microbiol*, 69(7), pp. 4116–4122. DOI:10.1128/AEM.69.7.4116-4122.2003.
7. Boccacci, P., Chitarra, W., Schneider, A., Rolle, L., Gambino, G. (2020). Single-nucleotide

- polymorphism (SNP) genotyping assays for the varietal authentication of 'Nebbiolo' musts and wines. *Food Chem.*, 312. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.126100.
8. Bustin, S. A., Nolan, T. (2004). Pitfalls of quantitative real-time reverse-transcription polymerase chain reaction. *J Biomol Tech.*, 15 (3), pp. 155–166.
9. Chedid, E., Rizou, M., Kalaitzis, P. (2020). Application of high resolution melting combined with DNA-based markers for quantitative analysis of olive oil authenticity and adulteration. *Food Chemistry*, 6. DOI:10.1016/j.foodchem.2020.100082.
10. Cibecchini, G., Cecere, P., Tumino, G., Morcia, C., Ghizzoni, R., Carnevali, P., Terzi, V., Pompa, P.P. (2020). A fast, naked-eye assay for varietal traceability in the durum wheat production chain. *Foods*, 9 (11). DOI:10.3390/foods9111691.
11. di Rienzo, V., Fanelli, V., Miazzi, M. M., Savino, V., et al. (2017). A reliable analytical procedure to discover table grape DNA adulteration in industrial wines and musts. *Acta Hort.* DOI:10.17660/ActaHortic.2017.1188.49.
12. Du, M., Li, J., Liu, Q., Wang, Y., Chen, E., Kang, F., Tu, C. (2021). Rapid detection of trace *Salmonella* in milk using an effective pretreatment combined with droplet digital polymerase chain reaction. *Microbiol Res.*, 251. DOI:10.1016/j.micres.2021.126838.
13. Fanelli, V., Mascio, I., Miazzi, M. M., Savoia, M. A., et al. (2021). Molecular Approaches to Agri-Food Traceability and Authentication: An Updated Review. *Foods*, 10 (7). DOI:10.3390/foods10071644.
14. Fang, W., Meinhardt, L. W., Mischke, S., Bellato, C. M., et al. (2014). Accurate determination of genetic identity for a single cacao bean, using molecular markers with a nanofluidic system, ensures cocoa authentication. *J. Agric. Food Chem.*, 62. DOI:10.1021/jf404402v. Epub 2013Dec 31.
15. Fang, W. P., Meinhardt, L. W., Tan, H.W., Zhou, L., et al. (2014). Varietal identification of tea (*Camellia sinensis*) using nanofluidic array of single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Hortic. Res.*, 1. DOI:10.1038/hortres.2014.35.
16. Gaidey, O. S., Garkavenko, T. O., Pischanskii, O. V. (2018). Food allergens. Relevance and problems in Ukraine. *Veterinary biotechnology*, 32 (1), pp. 453–458 (in Ukrainian).
17. Galimberti, A., Casiraghi, M., Bruni, I., Guzzetti, L., et al. (2019). From DNA barcoding to personalized nutrition: The evolution of food traceability. *Curr. Opin. Food Sci.*, 28. DOI:10.1016/j.cofs.2019.07.008.
18. Garcia, A. A. F., Banchimol L. L., Barbosa A. M. M. (2004). Comparison of RAPD, RFLP, AFLP and SSR markers for diversity studies in tropical maize inbred lines. *Genetics and Molecular Biology*, 27 (4). pp. 579–588.
19. Gouvêa-Barros Selma., Maria do Carmo Bittencourt-Oliveira. (2012). Semi-Quantitative PCR for Quantification of Hepatotoxic Cyanobacteria. *Journal of Environmental Protection*, 3. DOI:10.4236/jep.2012.35053.
20. Haiminen, N., Edlund, S., Chambliss, D., Kunitomi, M., et al. (2019). Food authentication from shotgun sequencing reads with an application on high protein powders. *NPJ Sci Food*, 3, 24. DOI:10.1038/s41538-019-0056-6
21. Haynes, E., Jimenez, E., Pardo, M.A., Helyar, S.J. (2019). The future of NGS (Next Generation Sequencing) analysis in testing food authenticity. *Food Control*, 101, pp. 134–143. DOI:10.1016/j.foodcont.2019.02.010.
22. Hernaandez, M., Esteve, T., Pla, M. (2005). Real-Time Polymerase chain reaction based assays for quantitative detection of barley, rice, sunflower, and wheat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, pp. 7003–7009.
23. Hilton, A. C., Mortiboy, D., Banks, J. G., Penn, C. W. (1997). RAPD analysis of environmental, food and clinical isolates of *Campylobacter* spp. *FEMS Immunol Med Microbiol.*, 18(2), pp. 119–124. DOI:10.1111/j.1574-695X.1997.tb01036.x.
24. Hu, Y., Lu, X. (2020). Rapid pomegranate juice authentication using a simple sample-to-answer hybrid paper/polymer-based lab-on-a-chip device. *ACS Sens.*, 5, pp. 2168–2176. DOI:10.1021/acssensors.0c00786.
25. Jonker, K., Tilburg, J., Hagele, G., De Boer, E. (2008). Species identification in meat products using real-time PCR. *Food Additives and Contaminants*, 25 (5), pp. 527–533. DOI:10.1080/02652030701584041.
26. Liaskovskii, T. M. (2008). Identification of probiotic strains of lactic acid bacteria. *Journal of microbiology*, 70 (6), pp. 3–9 (in Ukrainian).
27. Lin, C. C., Tang, P. C., Chiang, H. I. (2019). Development of RAPD-PCR assay Cattle for meat adulteration detection. *Food Sci Biotechnol.*, 28(6). pp. 1769–1777. DOI:10.1007/s10068-019-00607-7.
28. Low, H., Chan, S. J., Soo, G. H., Ling, B., Tan, E. L. (2017). Clarity™ digital PCR system: A novel platform for absolute quantification of nucleic acids. *Anal. Bioanal. Chem.*, 409, pp. 1869–1875. DOI:10.1007/s00216-016-0131-7.
29. Martinez, I., Rorvik, L. M., Brox, V., Lassen, et al. (2003). Genetic variability among isolates of *Listeria monocytogenes* from food products, clinical samples and processing environments, estimated by RAPD typing. *Int J Food Microbiol.*, 84 (3), pp. 285–297. DOI:10.1016/s0168-1605(02)00423-3.
30. Mayer, F., Haase, I., Graubner, A., Heising, F., Paschke-Kratzin, A., Fischer, M. (2012). Use of polymorphisms in the γ -gliadin gene of spelt and wheat as a tool for authenticity control. *J Agric Food Chem.*, 60 (6), pp. 1350–1357. DOI:10.1021/jf203945d. Epub 2012 Feb 7.
31. Miraglia, M., Berdal, K. G., Brera, C., Corbisier, P. et al. (2004). Detection and traceability of genetically modified organisms in the food production chain. *Food and Chemical Toxicology*, 42 (7), pp. 1157–1180. DOI:10.1016/j.fct.2004.02.018.
32. Oblap, R. V., Novak N. B., Dyman T. M. (2014). Development of test systems based on RT-PCR to determine the species affiliation of tissues in foodstuff composition. *Animal Husbandry Products Production and Processing*. BNAU, 2 (112), pp. 112–115 (in Ukrainian).

33. Oblap, R. V., Novak N. B., Dyman T. M. (2018). Monitoring of foodstuff, feed and agricultural raw materials in Ukraine for GM ingredients content. *Bioresources and nature management*, 10 (3–4), pp. 49–55 (in Ukrainian).
34. Oblap, R. V., Novak, N. B., Semenovich, V. K., Dyman, T. M. (2015). Determination of the presence of gluten from cereal crops in foodstuff by RT-PCR method. *Animal Husbandry Products Production and Processing*. BNAU. no. 1(116), pp. 111–116 (in Ukrainian).
35. Pinczinger, D., von Reth, M., Hanke, M.V., Flachowsky, H. (2020). SSR fingerprinting of raspberry cultivars traded in Germany clearly showed that certainty about the genotype authenticity is a prerequisite for any horticultural experiment. *Eur. J. Hortic.*, 85, pp. 79–85.
36. Raime, K., Krjutškov, K., Remm, M. (2020). Method for the identification of plant DNA in food using alignment-free analysis of sequencing reads: A case study on lupin. *Front. Plant Sci.*, 11. DOI:10.3389/fpls.2020.00646.
37. Rasmussen, H-B. Restriction Fragment Length Polymorphism Analysis of PCR-Amplified Fragments (PCR-RFLP) and Gel Electrophoresis – Valuable Tool for Genotyping and Genetic Fingerprinting Available at: https://cdn.intechopen.com/pdfs/35104/InTech-Restriction_fragment_length_polymorphism_analysis_of_pcr_amplified_fragments_pcr_rflp_and_gel_electrophoresis_valuable_tool_for_genotyping_and_genetic_fingerprinting.pdf
38. R-BiopharmAG. SureFood®/SureFast® набори для проведення ПЛП в реальному часі: Каталог продукції. Available at: http://biola-lab.com/content/pages/files/2014-05_surefood_Продукти_2014.pdf.
39. Ripp, F., Krombholz, C.F., Liu, Y., Weber, M. et al. (2014). All-Food-Seq (AFS): A quantifiable screen for species in biological samples by deep DNA sequencing. *BMC Genom.* 15. DOI:10.1186/1471-2164-15-639.
40. Saadat, S., Pandya, H., Dey, A., Rawtani, D. (2022). Food forensics: Techniques for authenticity determination of food products. *Forensic Sci Int.*, 333. DOI:10.1016/j.forsciint.2022.111243.
41. Sabetta, W., Miazzi, M.M., di Rienzo, V., Fanelli, V. et al. (2017). Development and application of protocols to certify the authenticity and traceability of Apulian typical products in olive sector. *Riv. Ital. Delle Sostanze Grasse*, 94 (1), pp. 37–43.
42. Sandberg, M., Lundberg, L., Ferm, M., Malmheden Yman, I. (2003). Real-time PCR for the detection and discrimination of cereal contamination in gluten free foods. *European Food Research and Technology*, 217, pp. 344–349.
43. Spaniolas, S., Bazakos, C., Tucker, G. A., Bennett, M. J. (2014). Comparison of SNP-based detection assays for food analysis: Coffee authentication. *J AOAC Int.*, 97 (4), pp. 1114–1120. DOI:10.5740/jaoacint.13-237.
44. Uddin, S., Hossain, M., Chowdhury, Z., Johan, M. (2022). Detection, and discrimination of seven highly consumed meat species simultaneously in food products using heptaplex PCR-RFLP assay. *Journal of Food Composition and Analysis*, 100, pp. 938–944.
45. VanGuilder, H. D., Vrana, K. E., Freeman, W. M. (2008). Twenty-five years of quantitative PCR for gene expression analysis. *Biotechniques*, 44, pp. 619–626. DOI:10.2144/000112776.
46. Verdone, M., Rao, R., Coppola, M., Corrado, G. (2018). Identification of zucchini varieties in commercial food products by DNA typing. *Food Control*, 84, pp. 197–204.
47. Voelkerding, K. V., Dames, S. A., Durtschi, J. D. (2009). Next-generation Sequencing: From Basic Research to Diagnostics. *Clinical Chemistry*, 55 (4), pp. 651–658. DOI:10.1373/clinchem.2008.112789.
48. Wang, C., Yang, C. J. (2013). Application of Molecular Beacons in Real-Time PCR. *Molecular Beacons*, 18, pp. 45–59. DOI:10.1007/978-3-642-39109-5_3.
49. Wenne, R., Prądzińska, A., Poćwierż-Kotus, A., Larraín M-A., Araneda C., Zbawicka M. (2022). Provenance of *Mytilus* food products in Europe using SNP genetic markers. *Aquaculture*, 554. DOI:10.1016/j.aquaculture.2022.738135.
1. Wolf, C., Burgener, M., Hubner, P., Luthy, J. (2000). PCR-RFLP Analysis of Mitochondrial DNA: differentiation of fish species. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 33, pp. 144–150.
50. World Health Organization. WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group 2007–2015. Geneva: WHO Press, 2015. Available at: https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergreport/en/.
51. Zambelli, R. A., Brasil, I. M. (2022). Molecular Techniques for identification applied to food: A review. *Int J Agric Sc Food Technol.*, 8(4), pp. 305–315. DOI:10.17352/2455-815X.000182.
52. Zambianchi, S., Soffritti, G., Stagnati, L., Patrone, V., et al. (2021). Applicability of DNA traceability along the entire wine production chain in the real case of a large Italian cooperative winery. *Food Control*, 124. DOI:10.1016/j.foodcont.2021.107929.
53. Zane, L., Bargelloni, L., Patarnello, T. (2002). Strategies for microsatellite isolation: a review. *Mol. Ecol.*, 11, pp. 1–16.
54. Zhang, D., Vega, F.E., Infante, F., Solano, W. et al. (2020). Accurate differentiation of green beans of Arabica and Robusta coffee using nanofluidic array of Single Nucleotide Polymorphism (SNP) markers. *J. AOAC Int.*, 103, pp. 315–324. DOI:10.1093/jaoacint/qs002.
55. Zhang, X., Lowe, S. B., Gooding, J. J. (2014). Brief review of monitoring methods for loop-mediated isothermal amplification (LAMP). *Biosens. Bioelectron.*, 61, pp. 491–499. DOI: 10.1016/j.bios.2014.05.039.
56. Zhao, J., Li, A., Jin, X., Pan, L. (2020). Technologies in individual animal identification and meat products traceability. *Biotechnol. Biotechnol. Equip.*, 34, pp. 48–57. DOI:10.1080/13102818.2019.1711185.

57. Zhao, M., Shi, Y., Wu, L., Guo, L., et al. (2016). Rapid authentication of the precious herb saffron by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) based on internal transcribed spacer 2 (ITS2) sequence. *Sci. Rep.*, 6. DOI:10.1038/srep25370.

Use of DNA technologies for the examination of foodstuff

Dyman T., Dyman N.

An integral component of the management system in the field of food safety is the examination of food products, which is based mostly on physical, chemical, physico-chemical and biochemical methods of research. Progress in the mastery of DNA diagnostic methods has become an incentive for the development and introduction into laboratory practice of highly sensitive methods for assessing the safety and quality of foodstuff, based on the polymerase chain reaction (PCR) method.

In recent decades, the demand for molecular tools for food examination, authentication and traceability has increased significantly. This is due to the fact that legislation in the food sector is becoming increasingly

strict, and market strategies are aimed at evaluating the food chain "from field to table" and ensuring that consumer choices match their expectations.

An overview of proven and widely tested molecular approaches for the examination of food products is presented: PCR-RFLP method, RAPD-PCR, SSR-PCR, RT-PCR. The potential and prospects of the latest technologies, such as SNP - single nucleotide polymorphisms, isothermal amplification, digital PCR, Whole-Genome Sequencing (WGS), DNA metabarcoding, are also described. The specified methods are characterized by high productivity, speed and scaling, enabling the study of biological systems at a new qualitative level. Examples of successful use of the specified methods for examination of foodstuff of plant and animal origin, their authentication and traceability are given.

A broad panel of molecular methods is a powerful tool to protect both producers and consumers, providing consumers with freedom of choice and increasing transparency in food production systems, enabling honest producers to properly promote their products.

Key words: DNA-technologies, polymerase chain reaction, food safety, foodstuff examination.



Copyright: Димань Т.М., Димань Н.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Димань Т.М.

Димань Н.О.

<https://orcid.org/0000-0002-6428-1476>

<https://orcid.org/0000-0003-4087-2957>

UDC 573.6:546.23:547.972.3

Bionanotechnological strategies for the synthesis of quercetin conjugates with selenium nanoparticles for their targeting of the Wnt/Ca²⁺ signaling pathway

Bityutskyy V.S.¹ , Tsekhmistrenko S.I.¹ , Demchenko O.A.² ,
Tsekhmistrenko O.S.¹ , Melnychenko Yu.O.¹ , Kharchyshyn, V.M.¹ 

¹ BilaTserkva National Agrarian University

² D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology
of the National Academy of Sciences of Ukraine

 Bityutskyy V.S. E-mail: Voseb@ukr.net



Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Демченко О.А., Цехмістренко О.С., Мельниченко Ю.О., Харчишин В.М. Біонанотехнологічні стратегії синтезу кон'югатів кверцетину з наночастинками селену з метою їх націлювання на сигнальний шлях Wnt/Ca²⁺. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 100–107.

Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Demchenko O., Tsekhmistrenko O., Melnychenko Yu., Kharchyshyn V. Bionanotechnological strategies for the synthesis of quercetin conjugates with selenium nanoparticles for their targeting of the Wnt/Ca²⁺ signaling pathway. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 100–107.

Рукопис отримано: 13.09.2023 р.

Прийнято: 27.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-100-107

One of the applications of nanotechnology is the synthesis of nanoparticles for targeted drug delivery and disease prevention. In the agricultural sector, nanotechnology holds great promise for improving animal health and productivity. The article discusses the advantages of «green» synthesis of selenium nanoparticles functionalized with the flavonoid quercetin and their potential in the prevention of bone diseases in broilers. Selenium is an important trace element that plays a crucial role in various physiological processes, including the regulation of bone metabolism. Its deficiency can lead to bone diseases such as osteoporosis and osteomalacia. On the other hand, quercetin, a naturally occurring plant compound, has been shown to have numerous health benefits, including anti-inflammatory, antioxidant, and anticancer properties. However, quercetin's bioavailability and stability are limited, making its therapeutic potential challenging to exploit. To overcome these limitations, we have developed bionanotechnological strategies for the synthesis of quercetin conjugates with selenium nanoparticles. This approach not only improves the stability and bioavailability of quercetin, but also allows for targeted delivery to specific tissues or cellular pathways. Functionalization of Selenium nanoparticles with the flavonoid quercetin promotes the effect of the nanoconjugate on the transcription factors Nrf2 and NF-κB, Wnt, key pathways that regulate the delicate balance of cellular redox status and responses to stress and inflammation, calcium and phosphorus metabolism. In this case, the target is the Wnt signaling pathway, a complex cascade of processes involved in bone metabolism. It has been found that the synthesized nanoselenium-quercetin bioconjugates modulate the Wnt signaling pathway in different ways. Firstly, they reduce the activity of the protein β-catenin, a key regulator of the Wnt signaling pathway, and help maintain a balance between bone formation and resorption, thus preventing bone disease. Secondly, these bioconjugates increase the activity of LRP6, a Wnt receptor protein, which further enhances the effectiveness of the signaling pathway. Finally, they affect the expression of genes activated by the Wnt signaling pathway, thus regulating the metabolism of calcium and phosphorus, important elements for bone health. The potential of these bionanotechnology strategies is enormous, especially in the agricultural sector. By preventing bone disease in broilers, disease prevention and poultry productivity can be significantly increased. The use of nanotechnology advances can serve as an environmentally friendly alternative to the use of antibiotics and other pharmaceuticals, contributing to the overall health and well-being of animals. Thus, the «green» synthesis of quercetin-functionalized selenium nanoparticles offers a promising solution for targeting the Wnt signaling pathway, regulating calcium and phosphorus metabolism, and preventing bone disease in broilers. This bionanotechnology approach

not only improves the stability and bioavailability of quercetin, but also enhances its therapeutic potential. By harnessing the potential of nanotechnology in the agricultural sector, we can improve animal health, reduce disease and increase productivity, ultimately benefiting both animals and humans.

Key words: bionanotechnology, «green» synthesis, Nrf2 factor, NF- κ B, Wnt, β -catenin, Selenium, Calcium, Phosphorus.

“Green” synthesis. Nanotechnology has revolutionised various sectors, including electronics, energy, biology, medicine, and agriculture. Its integration with biology, which has led to bionanotechnology, has opened up new horizons in healthcare, diagnostics and drug delivery systems. Bionanotechnology is used to develop biosynthetic and environmentally friendly technologies for the synthesis of nanomaterials, with green synthesis and surface modification of nanoparticles being crucial [15; 23].

Nanoparticles synthesized using plant extracts or phytochemicals are of great importance in the development of various therapeutic and diagnostic agents [1]. "Green synthesis is an environmentally friendly alternative to traditional synthesis methods and aims to avoid or minimize toxic components used in physicochemical methods and can successfully compete with them in terms of speed, controllability, bioconversion and reduction of the cost of the final product [24]. The production of nanoparticles using biological material has a number of advantages: low cost of raw materials, low toxicity, short production time, safety, ability to regulate the required volume of products, and suitability for large-scale production [6].

The need for alternative methods of protecting organisms, improving the quality of products, and creating a national economy can be met by nanotechnology [11].

Biotechnology in poultry farming. The poultry industry has to solve a number of problems. A common bone disease in fast-growing poultry worldwide is tibial dyschondroplasia. Annual losses in the meat poultry industry from musculoskeletal diseases are 2–6%, which reaches 40–60% of the total number of musculoskeletal diseases. Chronic mild intestinal inflammation negatively affects poultry performance and impairs nutrient absorption. Gut permeability is controlled by the intestinal microbiota, digestive secretions, physical barriers and chemicals such as cytokines. Treatable strategies aimed at regulating the gut microbiota can control several diseases closely related to inflammatory and metabolic disorders. Observations in Europe have shown that the poultry industry has faced a number of challenges following the ban on growth promoter antibiotics, including negative impacts on productivity,

animal welfare and general health issues. Today, alternatives to antibiotics such as probiotics, prebiotics and botanicals are increasingly being used. Chicken enteritis is a complex intestinal disease caused by bacteria, viruses, parasites and various regulatory factors. Certain flavonoids, such as quercetin, naringin and luteolin, have been found to relieve intestinal inflammation. The ability of flavonoids to inhibit the transcription factor NF- κ B is one of the most promising approaches to explaining the mechanism of anti-inflammatory action of these plant polyphenols. It is also worth noting the possible role of isoflavones in the development of inflammation of the Keap1/Nrf2/ARE signalling system, which controls the state of internal homeostasis by regulating various stages of cell proliferation, differentiation and apoptosis. Quercetin is a natural flavonoid that neutralizes free radicals and has antioxidant, antitumour, and anti-inflammatory effects [2]. Quercetin suppresses the expression of TNF- α , IL-1 β , IL-6 and GM-CSF (granulocyte-macrophage colony-stimulating factor) in macrophages induced by lipopolysaccharides, improves calcium absorption in the small intestine and increases the activity of the vitamin D receptor.

The flavonoid quercetin has been shown to counteract inflammatory processes by activating the Nrf2/HO-1 signalling pathway and inhibiting NF- κ B signalling, regulating neuronal excitability and NMDARs (*N*-methyl-D-aspartate receptors) trafficking [16]. Quercetin supplementation improved calcium and phosphorus metabolism and promoted tibia development, preventing foot disease in broilers through the Wnt signalling pathway [13]. However, the use of this flavonoid is limited by its low absorption in the body due to its poor solubility, permeability, instability and bioavailability [3].

It has been proven that various strategies and biomodifiers are used for surface modifications/functionalization of nanomaterials, including flavonoids [8]. In particular, the functionalization of Selenium nanoparticles with quercetin can contribute to the effect of the nanocomposite on the transcription factors Nrf2 and NF- κ B, Wnt, key pathways that regulate the delicate balance of cellular redox status and responses to stress and inflammation, calcium and phosphorus metabolism [2; 7; 25].

The Wnt signalling pathway plays a key role in embryonic development, cell proliferation and differentiation, and dysregulation of signal transduction. Wnt can lead to neoplastic transformation in various organ systems [17]. Wnt ligands (19 members in mammals) are secreted proteins that activate various intracellular signal transduction pathways and regulate tissue growth and renewal. Since the identification of the first member in 1982, the Wnt signalling pathway has attracted considerable attention of scientists, as it is essential for embryonic development, adult tissue homeostasis and regeneration, and dysregulation of Wnt can lead to many pathologies, including tumour-like development [14].

The name Wnt is a hybrid word created from the names Wingless and Int-1, and is derived from integrase-1 (Int-1) in mouse breast cancer com-

bined with the *Drosophila* gene wingless (suppresses wing development in flies), as the two genes are functionally similar [19].

Wingless/integrase-1 belongs to the family of cysteine-rich glycoprotein growth factors encoded by Wnt genes, which are highly conserved among vertebrate species [12]. Wnt consists of a canonical and a non-canonical signal transduction pathway, which can be divided into two branches: Wnt/PCP – the Planar Cell Polarity pathway, which is responsible for the correct polarization of cells during tissue formation, and Wnt-cGMP – the cyclic guanosine monophosphate/ Ca^{2+} pathway [28]. The canonical pathway (Fig. 1), the most well-known branch, is activated when Wnt binds to its receptors, which leads to stabilization of cytoplasmic β -catenin and activation of Wnt-regulated genes.

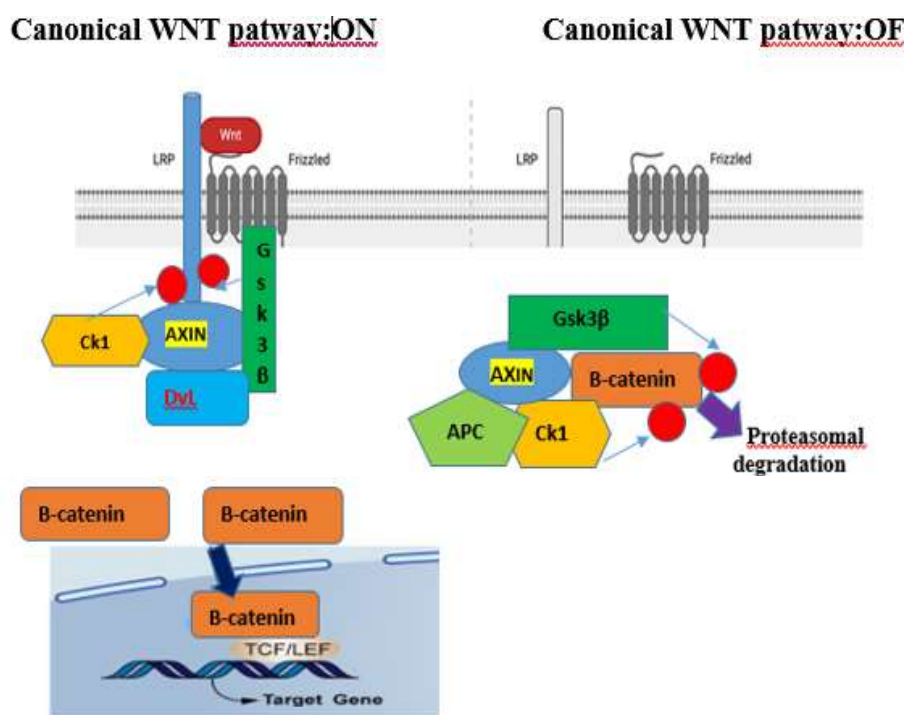


Fig. 1. The canonical Wnt/ β -catenin pathway is ON: when a Wnt ligand binds to the LRP5/6 and Fz receptors, the scaffolding protein Dishevelled (Dvl) recruits Axin1 and the kinases CK1 and GSK3 β to the membrane, disrupting the degradation complex and disrupting β -catenin phosphorylation and degradation. β -catenin accumulates in the cytoplasm and subsequently moves to the nucleus, where it acts as an activator of TCF/LEF-mediated transcription of target Wnt genes. The canonical Wnt/ β -catenin pathway is OFF (OF): in the absence of Wnt binding to Frizzled (Fz) receptors and LRP5/6 coreceptors, β -catenin interacts with the degradation complex (CK1, GSK3 β , Axin1 and APC), which leads to its phosphorylation by GSK3 β and CK1 and its subsequent degradation by the proteasome. CK1, casein kinase 1; GSK3 β , glycogen synthase kinase 3 β ; Axin1, axis inhibition protein 1; APC, adenomatous polyposis coli; Tcf, T-cell factor; LEF, lymphocyte binding factor; Rock, Rho-related protein kinase 1 containing helix; RhoA, RAS homologue member of the A gene family; JNK, Jun N-terminal kinase.

Wnt/ β -catenin signalling is a highly complex pathway that plays different roles in different cellular processes. Although Wnt ligands typically transmit signals through their specialised Frizzled receptors, the decision to use a β -catenin-dependent or β -catenin-independent signalling pathway depends on the type of co-receptor used. Classical Wnt signalling is dependent on β -catenin, whereas non-classical Wnt signalling, by traditional definition, is not, although current evidence suggests that both pathways interact with intertwined networks involving the use of different ligands, receptors and co-receptors. β -catenin can be directly phosphorylated by several kinases that control their participation in typical and atypical pathways. In addition, cofactors associated with β -catenin determine the outcome of this pathway in terms of genes that induce proliferation or promote differentiation. Thus, protein phosphorylation controls WNT/ β -catenin signalling, in particular in cancer processes [21; 29].

Glycogen synthase kinase 3β (GSK3 β) and casein kinase 1 (CK1) promote β -catenin phosphorylation in the degradation complex, enhancing its ubiquitination and leading to subsequent proteasomal degradation.

Regulation of the Wnt signalling pathway.

Calcium and phosphorus play an important role in the Wnt signalling pathway, in particular in the Wnt/ Ca^{2+} pathway [5; 9; 12].

The Wnt/ Ca^{2+} pathway is initiated by Frizzled receptors, which activate the classical G-protein-coupled signalling pathway. Frizzled G protein signalling activates phospholipase C-beta (PLC-beta), which cleaves phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate (PIP2) into 1,2-diacylglycerol (DAG) and inositol 1,4,5-triphosphate (IP3) [18]. The Wnt/ Ca^{2+} pathway can counteract the canonical Wnt pathway, but it is unclear whether this pathway is conserved in mammals and whether it is involved in tumour formation [9]. Signalling through frizzled-G protein activates the Wnt/ Ca^{2+} pathway, which leads to a short-term increase in the level of free calcium in the cytoplasm, which subsequently activates the following effectors.

An analysis of these processes and connections, which are covered by the Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG), indicates that this pathway is also linked to calcium and phosphorus metabolism and the flavonoid quercetin [10].

Quercetin, a flavonoid found in various fruits and vegetables, has been shown to regulate calcium and phosphorus metabolism through the Wnt signalling pathway in broilers [26]. Studies have shown that flavonoids can affect key regulators of calcium and phosphorus metabolism in this pathway [2]. In addition, quercetin has been

shown to inhibit angiotensin II-induced vascular smooth muscle cell proliferation and activation of the JAK2/STAT3 pathway [4; 27]. The KEGG pathway assessment showed that quercetin affects various signalling pathways, including the PI3K-AKT signalling pathway, cytokine receptor-cytokine interaction, JAK-STAT signalling pathway, MAPK signalling pathway, and cancer pathways [27].

Interestingly, the Wnt/ β -catenin signalling pathway is also involved in the biosynthesis of phenylpropanoids/flavonoids, suggesting a potential role for the Wnt signalling pathway in the regulation of flavonoid biosynthesis, including quercetin. This highlights the complex interplay between the Wnt signalling pathway, calcium and phosphorus metabolism, and quercetin.

The Wnt/ Ca^{2+} pathway, a branch of the Wnt signalling pathway, plays a crucial role in this regulation [10]. This pathway uses G-proteins and phospholipases to induce a temporary increase in cytoplasmic calcium levels, subsequently activating downstream signalling pathways. For example, Wnt4 can activate the calcium signalling pathway via cAMP in maturing β cells, controlling calcium signalling, metabolism and function. In broilers, quercetin has been shown to regulate calcium and phosphorus metabolism through the Wnt signalling pathway. Although the precise mechanism remains unclear, it is suggested that flavonoids such as quercetin affect key regulators of calcium and phosphorus metabolism in the Wnt signalling pathway.

Frizzled receptors can trigger both β -catenin-dependent and β -catenin-independent signalling, among which the Ca^{2+} pathway has been studied in detail. Thus, in the Wnt/ Ca^{2+} pathway, Wnt- Ca^{2+} signalling is mediated through G-proteins and phospholipases and causes a temporary increase in free calcium in the cytoplasm, which subsequently activates the following effectors [10]. Accordingly, quercetin is able to affect key regulators of calcium and phosphorus metabolism in the Wnt signalling pathway, and this effect can be mediated through the Wnt/ Ca^{2+} pathway (Fig. 2).

Quercetin has been shown to inhibit β -catenin-dependent transcriptional activity, which is a critical step in the activation of the Wnt/ β -catenin pathway. It also inhibits uPAR((urokinase-type plasminogen activator receptor)-mediated activation of this pathway. Studies have shown its effects on different components of the pathway in different types of cancer cells, leading to growth inhibition. When it interacts with β -catenin, quercetin blocks the binding between β -catenin and Tcf, which leads to inhibition of the growth of cancer cells, such as mouse 4T1 breast cancer cells [19].

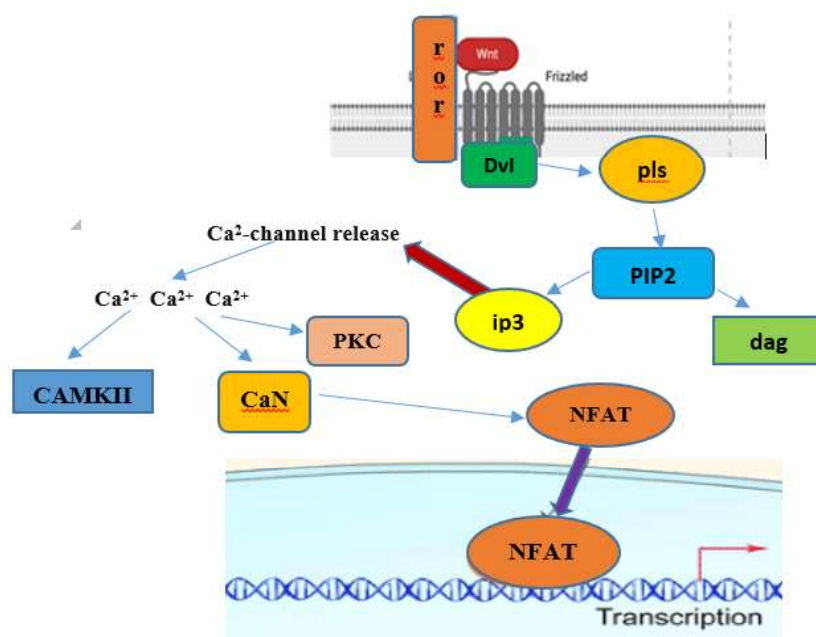


Fig. 2. **The β -catenin-independent Wnt/ Ca^{2+} pathway.** In the Wnt/ Ca^{2+} pathway, Wnt ligands transmit signals through Frizzled (Fzd) and tyrosine kinase-like orphan receptor 1/2 (ROR1/2) coreceptor receptors to induce Dvl-dependent cleavage of phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate by phospholipase C (PLC) (PIP2), producing inositol triphosphate (IP3) and diacylglycerol (DAG). IP3 acts on Ca^{2+} channels in the endoplasmic reticulum, leading to a cytosolic Ca^{2+} wave that drives the activity of protein kinase C (PKC) and Ca^{2+} /calmodulin-dependent protein kinase II (CAMKII). CaN dephosphorylates NFAT, which leads to its nuclear translocation and expression of NFAT target genes [adapted from 20].

In SW480 colon cancer cells, quercetin was found to inhibit the transcriptional activity of β -catenin/Tcf. In addition, it reduces the levels of β -catenin and the Tcf-4 product in the nucleus, which further prevents the activation of the Wnt/ β -catenin pathway [21].

In summary, the Wnt signalling pathway, calcium and phosphorus metabolism, and the flavonoid quercetin are closely related. The Wnt signalling pathway regulates calcium and phosphorus metabolism through the Wnt/ Ca^{2+} pathway, and quercetin has been shown to modulate this pathway. In addition, quercetin inhibits the nuclear translocation of β -catenin.

Calcium and phosphorus play an important role in the Wnt signalling pathway, which is involved in embryonic development, cancer, and normal physiological processes in adults [29]. The Wnt signalling pathway is closely related to calcium and phosphorus metabolism, and studies have shown that flavonoids can affect key regulators of calcium and phosphorus metabolism in the Wnt signalling pathway. The main DEGs (differentially expressed genes) in the Wnt signalling pathway that regulate calcium and phosphorus uptake and metabolism include Wnt-5a, calcium/cal-

modulin-dependent protein kinase II (CAMK2G, CAMK2D, CAMK2B), phospholipase C, beta 4 (PLCB4), protein kinase C alpha (PRKCA) and nuclear factor of activated T cells-1 (NFATC1) [26]. Calcium and phosphate homeostasis is regulated by several hormones, including PTH, vitamin D, FGF23 and calcitonin, and is critical for proper bone formation and maintenance. Calcium and phosphorus transport is regulated by PTH and FGF23 in the kidneys, and by PTH and calcitonin in bones [22]. The Wnt signalling pathway regulates calcium release from the endoplasmic reticulum (ER) to control intracellular calcium levels. In general, calcium and phosphorus play a role in the Wnt signalling pathway by regulating the metabolism and absorption of calcium and phosphorus, which are critical for proper bone formation and maintenance.

Wnt proteins are secreted morphogens that are essential for basic developmental processes, such as cell specification, proliferation of progenitor cells and control of asymmetric cell division, in many different species and organs. There are at least three distinct Wnt pathways: the canonical pathway, the planar cell polarity (PCP) pathway, and the Wnt/ Ca^{2+} pathway. In the canonical Wnt

pathway, the main effect of Wnt ligand binding to the receptor is to stabilize cytoplasmic β -catenin by inhibiting the β -catenin degradation complex. After that, β -catenin can freely enter the nucleus and activate Wnt-regulated genes through interaction with Tcf (T-cell factor) transcription factors and the concomitant recruitment of co-activators. Planar cell polarity (PCP) signalling leads to the activation of small GTPases RHOA (RAS homologue gene-family member A) and RAC1, which activate the stress kinases JNK (Jun N-terminal kinase) and ROCK (RHO-associated coiled-coil-containing protein kinase 1), resulting in cytoskeletal remodelling, changes in cell adhesion and motility. WNT-Ca²⁺ signalling is mediated through G proteins and phospholipases and leads to a temporary increase in the level of free calcium in the cytoplasm, which subsequently activates the kinases PKC (protein kinase C) and CAMKII (calcium-calmodulin-mediated kinase II), as well as the phosphatase calcineurin [10].

Conclusions. At present, it is important to solve the problem of increasing the effectiveness of natural phytonutrients, in particular the flavonoid quercetin, by conjugating it with nanoparticles. The chemical reactivity of flavonoids depends on their radical scavenging properties, which can reduce oxidative stress in cells. At the same time, certain flavonoids have strong anti-inflammatory capacity, which, together with its antioxidant activity, creates excellent opportunities, such as chemoprevention of oxidative stress and reduction of inflammation accompanying many pathologies. However, these compounds have low water solubility, chemical instability, rapid metabolism and poor bioavailability, which compromises their therapeutic efficacy. Therefore, new approaches are needed to take advantage of the beneficial effects of phytonutrients while expanding their potential use in the prevention of a number of disorders. In this context, nanoparticles are particularly interesting when used to deliver phytocomposites and enhance their bioavailability. In addition, the ability to be functionalized with specific ligands that target specific organs or cells is also very important, as it is possible to increase the concentration of the phytoconjugate at the desired target site while reducing side effects. Thus, the beneficial effects of phytonutrients can be further enhanced by nanotechnology, which will help improve the current use of these compounds with such great preventive and therapeutic potential. "Green" methods for the synthesis of nanoparticles with plant extracts are promising because they are simple, convenient, environmentally friendly and require shorter reaction times. The synthesized nanoselenium-quercetin biocon-

jugates can modulate the Wnt signalling pathway in various ways: by reducing the activity of the protein β -catenin, which is a key regulator of the Wnt signalling pathway; by increasing the activity of the protein LRP6, which is a Wnt receptor; by affecting the expression of genes activated by the Wnt signalling pathway. This cascade of complex processes regulates the metabolism of calcium and phosphorus, which contributes to the prevention of bone diseases, and can increase the potential of the agricultural sector to reduce diseases, improve the safety and productivity of animals and poultry.

REFERENCES

1. Adeyemi, J.O., Oriola, A.O., Onwudiwe, D.C., & Oyediji, A.O. (2022). Plant extracts mediated metal-based nanoparticles: Synthesis and biological applications. *Biomolecules*, 12(5), 627 p. DOI:10.3390/biom12050627
2. Aoiadni, N., Ayadi, H., Jdidi, H., Naifar, M., Maalej, S., Makni, F.A., Koubaa, F.G. (2021). Flavonoid-rich fraction attenuates permethrin-induced toxicity by modulating ROS-mediated hepatic oxidative stress and mitochondrial dysfunction *ex vivo* and *in vivo* in rat. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, pp. 9290–9312. DOI:10.1007/s11356-020-11250-9
3. Bityutskyy, V.S., Tsekhmistrenko, I.S., Melnychenko, Yu.O., Tsekhmistrenko, S.I. (2023). The Wnt signaling pathway, calcium and phosphorus metabolism and the regulatory role of the flavonoid quercetin. *Technologies, tools and strategies for implementing scientific research*, pp. 97–100 (in Ukrainian).
4. Bundy, K., Boone, J., Simpson, C.L. (2021). Wnt signaling in vascular calcification. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8, 708470. DOI:10.3389/fcvm.2021.708470
5. De, A. (2011). Wnt/Ca²⁺ signaling pathway: a brief overview. *Acta BiochimBiophys Sin*, 43(10), pp. 745–756. DOI:10.1093/abbs/gmr079
6. Dejen, K.D., Sabir, F.K., Ananda Murthy, H.C., Ayanie, G.T., Shume, M.S., Bekele, E.T. (2023). Green Synthesis of Nanomaterials for Environmental Remediation. In *Green Nanoremediation: Sustainable Management of Environmental Pollution*. Cham: Springer International Publishing, pp. 27–65.
7. Demchenko, A., Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, S., Tsekhmistrenko, O., Kharchyshyn, V. (2022). Synthesis of functionalized selenium nanoparticles with the participation of flavonoids. *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice*. In *Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Tokyo, Japan, pp. 29–35. DOI:10.46299/ISG.2022.1.17 (in Ukrainian)
8. Demchenko, A., Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, S., Melnichenko Yu., Kharchyshyn V. (2023). Effect of selenium nanoparticles obtained by the method of green synthesis with the participation of probiotics and flavonoids on metabolic and zootechnical parameters of broiler chickens. *Modernization of today's science: experience and trends: IV International Scientific and Theoretical Conference*. Singapore, pp. 64–66.

9. Duchartre, Y., Kim, Y. M., & Kahn, M. (2016). The Wnt signaling pathway in cancer. *Critical reviews in oncology/hematology*, 99, pp. 141–149. DOI:10.1016/j.critrevonc.2015.12.005
10. KEGG Wnt signaling pathway – Homo sapiens (human). Available at: <https://www.genome.jp/pathway/hsa04310>
11. Kharchyshyn V., Melnichenko Yu., Shulko O., Onyshchenko L., Tsekhmistrenko S., Bityutskyy V. (2023). Eco-biotechnology: innovative approaches in poultry production. European scientific congress: IX International Scientific and Practical Conference. Madrid, pp. 10–16.
12. Köhl, M., Sheldahl, L. C., Park, M., Miller, J. R., Moon, R. T. (2000). The Wnt/ Ca²⁺ pathway: a new vertebrate Wnt signaling pathway takes shape. *Trends in genetics*, 16 (7), pp. 279–283. DOI:10.1016/S0168-9525(00)02028-X
13. Li, L., Peng, X., Qin, Y., Wang, R., Tang, J., Cui, X., Li, B. (2017). Acceleration of bone regeneration by activating Wnt/ β -catenin signalling pathway via lithium released from lithium chloride/calcium phosphate cement in osteoporosis. *Scientific reports*, 7 (1), 45204. DOI:10.1038/srep45204
14. Liu, J., Xiao, Q., Xiao, J., Niu, C., Li, Y., Zhang, X., et al. (2022). Wnt/ β -catenin signalling: Function, biological mechanisms, and therapeutic opportunities. *Signal. Transduct. Target. Ther.* 7, 3 p. DOI:10.1038/s41392-021-00762-6
15. Malik, S., Muhammad, K., Waheed, Y. (2023). Nanotechnology: A revolution in modern industry. *Molecules*, 28 (2), 661 p. DOI:10.3390/molecules28020661
16. McQuate, A., Latorre-Esteves, E., Barria, A. (2017). A Wnt/calcium signaling cascade regulates neuronal excitability and trafficking of NMDARs. *Cell reports*, 21 (1), pp. 60–69. DOI:10.1016/j.celrep.2017.09.023
17. Nakamoto M, Hisaoka M. (2016). Clinico-pathological Implications of Wingless/int1 (WNT) Signaling Pathway in Pancreatic Ductal Adenocarcinoma. *J UOEH*, 38 (1), pp. 1–8. DOI:10.7888/juoeh.38.1
18. Narvaes, R.F., Nachtigall, E.G., Marcondes, L.A., Izquierdo, I., Myskiw, J.D.C., Furini, C.R. (2022). Involvement of medial prefrontal cortex canonical Wnt/ β -catenin and non-canonical Wnt/Ca²⁺ signaling pathways in contextual fear memory in male rats. *Behavioural Brain Research*, 430, 113948. DOI:10.1016/j.bbr.2022.113948
19. Nusse, R., Varmus, H.E. (1982). Many tumors induced by the mouse mammary tumor virus contain a provirus integrated in the same region of the host genome. *Cell*, 31, pp. 99–109. DOI:10.1016/0092-8674(82)90409-3
20. Rogan, M.R., Patterson, L.L., Wang, J.Y., McBride, J.W. (2019). Bacterial manipulation of Wnt signaling: a host-pathogen tug-of-Wnt. *Frontiers in immunology*, 10, 2390. DOI:10.3389/fimmu.2019.02390
21. Shah, K., Kazi, J.U. (2022). Phosphorylation-Dependent Regulation of WNT/ β -Catenin Signaling. *Frontiers in Oncology*, 12, 858782. DOI:10.3389/fonc.2022.858782
22. Shaker, J.L., Deftos, L. (2018). Calcium and phosphate homeostasis. *Endotext* [Internet]. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279023/>
23. Tripathi, A., Prakash, S. (2022). Nanobiotechnology: Emerging trends, prospects, and challenges. *Agricultural Nanobiotechnology*, pp. 1–21. DOI:10.1016/B978-0-323-91908-1.00006-7
24. Tsekhmistrenko, S.I., Bityutskyy, V.S., Tsekhmistrenko, O.S., Demchenko, O.A., Tymoshok, N.O., Melnychenko, O.M. (2022). Ecological biotechnologies of "green" synthesis of nanoparticles of metals, metaloxides, metalloids and the iruse. 270 p (in Ukrainian).
25. Tymoshok, N.O., Demchenko, O.A., Bityutskyy, V.S., Tsekhmistrenko, S.I., Kharchuk, M.S., Tsekhmistrenko, O.S. (2023). Bionanotechnology of Selenite Ions Recovery into Nanoselenium by Probiotic Strains of Lactobacteria and Tolerance of Lactobacteria to Sodium Selenite. *Microbiological journal*, 85 (4), pp. 9–20. DOI:10.15407/microbiolj85.04.009
26. Wang, B., Wang, S., Ding, M., Lu, H., Wu, H., Li, Y. (2022). Quercetin regulates calcium and phosphorus metabolism through the Wnt signaling pathway in broilers. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 786519. DOI:10.3389/fvets.2021.786519
27. Wang, D., Ali, F., Liu, H., Cheng, Y., Wu, M., Saleem, M. Z., Peng, J. (2022). Quercetin inhibits angiotensin II-induced vascular smooth muscle cell proliferation and activation of JAK2/STAT3 pathway: A target based networking pharmacology approach. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 1002363. DOI:10.3389/fphar.2022.1002363
28. Xiao, Q., Chen, Z., Jin, X., Mao, R., Chen, Z. (2017). The Many Postures of Noncanonical Wnt Signaling in Development and Diseases. *BioMed Pharmacother*, 93, pp. 359–369. DOI:10.1016/j.biopha.2017.06.061
29. Zhao, H., Ming, T., Tang, S., Ren, S., Yang, H., Liu, M., Xu, H. (2022). Wnt signaling in colorectal cancer: Pathogenic role and therapeutic target. *Molecular cancer*, 21(1), 144 p. DOI:10.1186/s12943-022-01616-7

Біонанотехнологічні стратегії синтезу кон'югатів кверцетину з наночастинками селену з метою їх націлювання на сигнальний шлях Wnt/Ca²⁺
Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Демченко О.А., Цехмістренко О.С., Мельниченко Ю.О., Харчишин В.М.

Одним із застосувань нанотехнологій є синтез наночастинок для цільової доставки ліків та профілактики захворювань. В аграрному секторі нанотехнології мають великі перспективи для покращення здоров'я та продуктивності тварин. У статті розглянуто переваги «зеленого» синтезу наночастинок селену, функціоналізованих флавоноїдом кверцетином, та їх потенціал у профілактиці захворювань кісток у бройлерів. Селен є важливим мікроелементом, який відіграє вирішальну роль у різних фізіологічних процесах, включаючи регуляцію метаболізму кісткової тканини. Його дефіцит може призвести до захворювань кісток, таких як

остеопороз та остеомалаяція. З іншого боку, було доведено, що кверцетин, природна рослинна сполука, має численні переваги для здоров'я, включаючи протизапальні, антиоксидантні та протиракові властивості. Однак біодоступність і стабільність кверцетину обмежені, що робить його терапевтичний потенціал складним для використання. Щоб подолати ці обмеження, розроблені біонанотехнологічні стратегії синтезу кон'югатів кверцетину з наночастинками селену. Такий підхід не тільки підвищує стабільність та біодоступність кверцетину, але й дозволяє цілеспрямовано доставляти його до певних тканин або клітинних шляхів. Функціоналізація наночастинок Селену флавоноїдом кверцетином сприяє впливу нанокон'югату на транскрипційні фактори Nrf2 та NF- κ B, Wnt ключові шляхи, які регулюють тонкий баланс клітинного окислювально-відновного статусу та реакції на стрес і запалення, метаболізм Кальцію та Фосфору. У цьому випадку мішенню є сигнальний шлях Wnt - складний каскад процесів, що беруть участь у метаболізмі кісткової тканини. Встановлено, що синтезовані біокон'югати наноселен-кверцетин модулюють сигнальний шлях Wnt різними способами. По-перше, вони знижують активність білка β -катеніну, ключового регулятора сигнального шляху Wnt, сприяють підтриманню балансу між формуванням та резорбцією кісткової тканини, запобігаючи таким чином захворюванням кісток. По-друге, ці біокон'югати підвищують активність білка LRP6, рецептора

Wnt, що ще більше посилює ефективність сигнального шляху. Нарешті, вони впливають на експресію генів, активованих сигнальним шляхом Wnt, таким чином регулюючи метаболізм кальцію та фосфору, важливих елементів для здоров'я кісток. Потенціал цих біонанотехнологічних стратегій величезний, особливо в сільськогосподарському секторі. Запобігаючи захворюванням кісток у бройлерів, можна значно підвищити профілактику захворювань та продуктивність птиці. Використання досягнень нанотехнологій може слугувати екологічною альтернативою використанню антибіотиків та інших фармацевтичних препаратів, сприяючи загальному здоров'ю і благополуччю тварин. Таким чином, «зелений» синтез наночастинок селену, функціоналізованих кверцетином, пропонує перспективне рішення для таргетування сигнального шляху Wnt, регулювання метаболізму кальцію і фосфору та профілактики захворювань кісток у бройлерів. Цей біонанотехнологічний підхід не лише покращує стабільність та біодоступність кверцетину, й посилює його терапевтичний потенціал. Використовуючи потенціал нанотехнологій в аграрному секторі, ми можемо покращити здоров'я тварин, знизити рівень захворюваності та підвищити продуктивність, що в кінцевому підсумку принесе користь як тваринам, так і людям.

Ключові слова: біонанотехнологія, «зелений» синтез, фактор Nrf2, NF- κ B, Wnt, β -катенін, Селен, Кальцій, Фосфор. «green»



Copyright: Bityutsky V. et al. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Bityutsky V.

Tsekhmistrenko S.

Demchenko O.

Tsekhmistrenko O.

Melnychenko Yu.

Kharchyshyn V.

<https://orcid.org/0000-0002-2699-3974>

<https://orcid.org/0000-0002-7813-6798>

<https://orcid.org/0000-0003-1457-143X>

<https://orcid.org/0000-0003-0509-4627>

<https://orcid.org/0000-0002-1324-0762>


<https://orcid.org/0000-0002-3403-3535>

UDC 502/504

Ways of balanced use of vermiculture biotechnology in the conditions of anthropogenic load on the environment

Kharchyshyn V. , Bityutskyy V. , Melnychenko O. ,
Tsekhmistrenko S. , Gerasymenko V. , Onyshchenko L. 

Bila Tserkva National Agrarian University

 E-mail: econanobiotech@ukr.net



Харчишин В.М., Бітюцький В.С., Мельниченко О.М., Цехмістренко С.І., Герасименко В.Ю., Онищенко Л.С. Шляхи збалансованого використання біотехнології вермикультивування в умовах антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 108–115.

Kharchyshyn V., Bityutskyy V., Melnychenko O., Tsekhmistrenko S., Gerasymenko V., Onyshchenko L. Ways of balanced use of vermiculture biotechnology in the conditions of anthropogenic load on the environment. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 108–115.

Рукопис отримано: 15.09.2023 р.

Прийнято: 29.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-108-115

The high energy potential of organic waste allows its use in bioconversion technologies, where waste from one production cycle is a raw material for further production to produce environmentally friendly fertilizers, energy carriers and feed additives.

The article presents the results of experimental studies on the environmental efficiency of vermiculture on organic waste from livestock, crop production, gardening and forestry under anthropogenic load.

It is proved that due to the biological characteristics of vermiculture, which allows to consume a large amount of organic residues, enrich them with its own microflora, enzymes, biologically active substances and release them as processed products (coprolites), this technology to some extent solves the problems of balanced nature management.

It has been determined that in the conditions of intensification of production processes, secondary organic raw materials contain a number of pollutants - heavy metals and toxic metals that can accumulate in coprolites (vermicompost).

An approach is proposed that solves the problem of pollutant migration and involves the introduction of 3% zeolite from the Sokyrnytsia deposit in the Transcarpathian region into the vermiculture substrate.

Experimental and analytical determination of the environmental efficiency of the proposed approach has shown that its practical application in solving the problems of balanced nature management allows to reduce the accumulation of Plumbum by 13.6 % and Cadmium by 22.6 % in vermicompost, which improves the quality of this organic fertilizer and creates prerequisites for obtaining environmentally friendly products.

Key words: ecology, biotechnology, organic waste, red California worm hybrid, bioconversion, natural minerals, minimization of environmental pollution, sustainable environmental management.

Introduction. The intensification of anthropogenic activity leads to the generation of organic waste from livestock, crop production, gardening and forestry [1–4]. Traditional methods of managing such waste do not provide for the full use of the potential of organic raw materials and lead to the migration of pollutants in the biosphere [5–7].

The reduction in the number of livestock and the expansion of grain, corn and sunflower crops

have changed the approach to the use of plant residues in the agricultural sector. Previously, crop residues were almost entirely used for livestock production, but now they are left on fields as fertilizer or burned together with stubble. Therefore, crop by-products are becoming increasingly important in balanced nature management [8].

Waste from horticulture and forestry is a renewable organic raw material that accumulates annually

and can be used to produce fertilizers. The amount of waste of the lignified part of the phytomass of green spaces is systematically generated during the maintenance of green spaces by municipal enterprises when carrying out maintenance felling (clarification, clearing, thinning), sanitary felling (selective, fully sanitary, reforestation), felling associated with the reconstruction of low-value young trees and derivative stands, cutting of knots and parts of live lower branches, fire protection felling, maintenance of undergrowth and undergrowth, elimination of clutter, and crown pruning of urban trees and shrubs. The largest volumes of wood waste are generated by forest parks and forestry enterprises, some of which can be converted into fertilizer instead of being taken to landfills [9].

The most common method of managing waste from livestock farms and complexes is to use it as organic fertilizer in agroecosystems. However, from an environmental point of view, this method has disadvantages and leads to environmental pollution with heavy metals, pathogens and toxic metals [10-14].

One of the indicators of anthropogenic pressure on environmental components is the amount of production and consumption waste generated and accumulated in a certain territory (region). The processes of generation and accumulation of various wastes pose a threat to the state of all environmental components. The generation and, especially, accumulation of production and consumption waste inevitably leads to soil contamination. The problem of inefficient waste management is typical for the regions of Ukraine [15].

Sources of heavy metals in ecosystems include volcanic emissions, weathering and leaching of rocks, mining, fuel combustion, industrial and municipal waste, air emissions and wastewater pollution from the metallurgical, chemical and electrical industries. All of this, as well as the use of metal-containing pesticides and fertilizers, and runoff from contaminated soil, leads to contamination of food, feed and drinking water. It is important to note that the accumulation of heavy metals by ecosystem components is the result of rapid industrial development of society, increased chemicalization of agriculture and the use of metal-containing household products [15].

Once they enter ecosystems, heavy metals are constantly moving, changing from one form to another. The following systems of heavy metal translocation (transition) are distinguished: air to soil, soil to water, soil to plant, soil to animal, soil to animal to plant to human, and soil to plant to human [15].

The constant intake of heavy metals into the soil leads to the formation of zones of increased

environmental toxicity. Within these zones, the nature of element migration and some soil geochemical parameters change. The interaction of metals with soil is based on sorption, precipitation-dissolution, complexation and salt formation reactions. The speed and direction of the transformation processes depend on the reaction of the environment, the particle size distribution of the soil and the humus content [15].

The existence of negative consequences of human economic activity has forced scientists to pay considerable attention to their study, predicting the consequences of anthropogenic impact on nature and taking into account the findings in management decisions [19].

The main objective of sustainable environmental management as a scientific field is to organize and control the use of natural resources and environmental components (minerals, surface and groundwater, seawater, ocean water, air, soil, etc.), assess the levels of harmful impact of anthropogenic loads on them, and develop scientifically based recommendations for environmental protection and restoration measures [19].

The study of possible ways of balanced use of vermiculture biotechnology in the management of organic substrates obtained under conditions of anthropogenic pressure on the environment is of priority importance. The issue of biotransformation of organic waste from livestock, crop production, horticulture and forestry, generated under conditions of intensification of anthropogenic pressure on ecosystems, is not fully understood. This situation calls for the development of safe technologies and production facilities. Using the achievements of science, technological progress should be organized in such a way that production waste does not pollute the environment but is reintroduced into the production cycle as secondary raw materials [7].

Problem statement and analysis of recent research. Vermiculture is the cultivation of specialized worm species (biological name *Eisenia foetida*) under artificial conditions on various organic substrates. Vermiculture can be thought of as a complex biocenotic community limited to a specific habitat within a cultural landscape. Earthworms are the largest representatives of invertebrates that make up the soil macrofauna. They account for at least half of the total soil biomass. Their population density reaches an average of 120 individuals/m², and their biomass is 50 g/m² (with a body weight of 0.5–1.5 g per worm). In favorable periods, the density of earthworms in the soil can reach 400–600 individuals/m². This area of bioconversion has emerged due to the search for alternative farming methods for agroecology

that minimise environmental pollution by various organic wastes and ensure the cultivation of agricultural products free of harmful substances based on the use of biohumus and provide for the rational use of natural resources [4].

The results of the analytical search indicate that worms can accumulate heavy metals and metal toxicants. Studies conducted over a period of thirteen months have shown that populations of *L. rubellus* and *A. caliginosa* can be indicators of anthropogenic pressure on natural ecosystems and can be used to monitor the relative degree of metal pollution in different areas [23].

It has been reported that vermiculture on organic substrates (manure biomass, gardening waste) with heavy metal content above the maximum permissible concentration should be grown with the addition of 2 % lime by weight of the substrate. First of all, prepare a substrate of the following composition: plant residues; rotted sawdust; tree leaves; peat; lime (up to 2% by weight of the substrate). The substrate should be fermented for at least 3 months, 3–5 months in winter. The substrate can be stored for 8–10 months at a humidity of 70–80 % [4].

The readiness of the substrate for consumption is determined by the ratio of carbon to nitrogen – approximately 20 and pH 6–8. Raw vermicompost is collected twice a year. It is then used as fertilizer or recycled. If shredded branches are recycled, the complete extraction of vermicompost can be carried out in 1.5 years [4].

A group of researchers [17] studied the environmental efficiency of biotransformation of fallen leaves in urbanized settlements using the vermiculture method. For the cultivation of *Eisenia foetida*, a basic substrate (group BS I) was used, made from compost of fallen leaves from trees of different ecological zones: conditionally ecologically clean zone of the Bryukhovychi forestry, conditionally polluted zone within the maximum permissible concentration (MPC) – fallen leaves from trees of Stryi Park in Lviv (group BS II). Lviv (group BS II); conditionally contaminated area of the motorway with exceeded MPC – fallen leaves from the trees of K. Levytskoho Street, Lviv (group BS III). When forming the vermicompost, the area, weight of the substrate and the number of worms were taken into account. Substrate composition: 20 % livestock manure and 80 % compost of fallen leaves. The effect of heavy metals that may be contained in leaves contaminated with car exhaust on metabolic processes in *Eisenia foetida* was determined. According to the results of the study, it is proposed to activate bioconversion by introducing a mineral feed additive – fine zeolite flour in the amount of 6 % of the total mass

of the culture medium by uniform mixing with the substrate.

In experimental studies [18], it was found that the addition of saponite to the nutrient medium for the red California worm hybrid in the amount of 2, 4, 6, 8, 10 and 12 % of its weight increases the content of Ferric, Magnesium and Zinc in the worm biomass by 2.4–75.7, 0.7–38.1 and 1.5–23.6 %, respectively. An increase in the concentration of Copper in vermiculture was observed in all experimental groups, except VI, and amounted to 2.9–34.3 %. In addition, in the experimental groups, the presence of saponite in the substrate causes a decrease in the body of oligochaetes of such toxicants as Cadmium and Plumbum – by 1.02–59.5 and 4.5–60.0 %, respectively.

It has been proven that the inclusion of saponite in the worms' nutrient medium at a concentration of 4 % by weight of the substrate provides an increase in biomass and the number of oligochaetes – by 7.9 and 8.3 % ($p < 0.05$), respectively, and increases the activity of asparagine aminotransferase in the body of oligochaetes – by 11.8–36.9 % ($p < 0.05$) [18].

The introduction of 4 % saponite to the substrate increases the content of Fe, Mg and Mn in vermicompost obtained from the II experimental group-bed by 52.1–78.1, 23.5–18.3 and 98.8–99.6 %, respectively ($p < 0.05$). In addition, a decrease in the content of Cadmium and Plumbum was observed – by 7.09–9.07 and 8.2–19.2 % [18].

However, a number of issues remain unresolved today regarding the study of ways to use vermiculture biotechnology in a balanced manner under conditions of anthropogenic pressure on the environment [19]. The study of possible ways to protect nature, as a set of measures aimed at eliminating or mitigating the harmful effects of organic waste from livestock, crop production, gardening and forestry on the natural environment using vermiculture biotechnology, is a priority task [20–22].

Material and methods of research. The experiments were conducted in the vivarium of the Research Institute of Ecology and Biotechnology of Bila Tserkva National Agrarian University. To achieve this goal, a control group and four experimental groups were formed in the form of a microecosystem in glass containers. They are convenient because they allow observing the behaviour of a population or its individual individuals without destroying the microcosm [22].

The material for the study was the red California worm, which was used to populate microecosystems in the amount of 50 individuals [27]. The substrate for its cultivation was fermented cattle manure biomass (80 %) and 20 % fermented organic mixture of fallen leaves, dry grass and saw-

dust. The ratio of the fermented organic mixture was as follows: 10 % dry grass, 5 % fallen leaves and 5% sawdust. The experimental period was preceded by a preparatory period, during which the conditions in the microecosystems were levelled (in the control and experimental ones). Environmental conditions in all microecosystems were similar except for the factor under study.

According to the experimental design, zeolite from the Sokyrnytsia deposit of the Transcarpathian region was added to the vermiculture medium in the experimental microecosystems at doses of 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 % by weight of the substrate (Table 1).

Table 1 – Scheme of the experiment

Groups of microecosystems	Share of the studied factor in the nutrient medium
Control	OS (main substrate)
Experimental:	
I	OS + 1.5 % zeolite of Sokyrnytsia deposit
II	OS + 3.0 % zeolite of Sokyrnytsia deposit
III	OS + 4.5 % zeolite of Sokyrnytsia deposit
IV	OS + 6.0 % zeolite of Sokyrnytsia deposit

Vermiculture was carried out at a temperature of +20–25 °C and a substrate moisture content of 65–75 %. The experiment lasted 90 days.

The experiment lasted 90 days. At the end of the experiment, average samples of vermicompost were taken from each microecosystem. The samples were pre-dried and then insulated, gradually bringing the temperature to 450 °C. The metal content in the vermicompost was determined using atomic absorption spectrophotometry on an AAS-30 instrument.

The main research indicators were processed biometrically. The value of the Student's probability criterion at three thresholds $p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$ was considered significant.

Results and discussion. The results of our research indicate that during the experiment, which lasted 90 days, the weight of vermiculture individuals changed in all microecosystems.

An indicator of vermiculture growth and development is an increase in their biomass and is considered an informative indicator of the efficiency of substrate biotransformation. The effectiveness of reproductive capacity can be assessed by

the number of cocoons laid by the worm and the increase in the population, which is the mechanism that ensures the production of vermiculture biomass and determines the efficiency of bioconversion of organic substrate into vermicompost [27].

The analysis of the biomass growth dynamics showed that the largest increases were observed in the micro-ecosystem in which 3.0 % of zeolite from the Sokyrnytsia deposit in the Zakarpattia region was added to the organic substrate. The difference in the weight of worms in the second experimental group of the microecosystem compared to the control group was 2.8 %. There was also a positive trend in the number of cocoons laid. The number of cocoons in the second experimental group was 3.1 % higher than in the control group.

Cadmium and Plumbum are toxic metals. According to the hygienic regulations for the permissible content of chemicals in soil, approved by Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 1595 dated 14.07.2020, Plumbum (Pb), Benz(a)pyrene, Arsenic (As), Mercury (Hg), Zinc (Zn), Molybdenum (Mo) and Nickel (Ni) are classified as carcinogenic (blastomogenic) compounds by the nature of their effects on the body. Plumbum (Pb) and Manganese (Mn) are mutagenic substances by the nature of their effects on the body. Mercury (Hg), Plumbum (Pb) and Manganese (Mn) show reproductive toxicity [26].

The results of our experimental studies (Table 2 and Table 4) show that an increase in the content of zeolites in the substrate leads to a decrease in the concentration of Plumbum and Cadmium in vermicompost.

Table 2 – Plumbum content in vermicompost, mg/kg, $M \pm m$, $n=5$

Groups of microecosystems	Plumbum content, mg/kg
Control	12,5±0,78
Experimental:	
I	11,1±0,49
II	10,8±0,53
III	10,6±0,61
IV	9,8±0,72*

Note: the difference is significant * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$.

In the selected samples of vermicompost of the control group, the content of Plumbum was 12.5±0.78 mg/kg. At the optimal concentration of zeolite from the Sokyrnytsia deposit of 3.0% in

the nutrient medium, which provided the highest growth and development of worms, the content of Plumbum in the vermicompost was recorded at 10.8 ± 0.53 mg/kg, which indicates a decrease by 13.6 % compared to the control group, where vermiculture was grown without the presence of zeolite. We also proved that the introduction of zeolite into the vermiculture substrate in the proportion of 6.0 % allows to reduce the content of the metal toxicant Plumbum in vermicompost by 21.6 % to 9.8 ± 0.72 mg/kg at the level of probability ($p < 0.05$). This trend is explained by the fact that the zeolite of the Sokyrnytsia deposit, due to its selective ability to bind heavy metals, adsorbs them on its surface.

The data on the background content of heavy metals in the soil of household plots are analysed and systematised in Table 3. Experimental studies [24] found that in the 0–10 cm soil layer, the content of plumbum varied from 5.4 to 6.31 mg/kg (Table 3). The average content of the pollutant was 5.66 mg/kg. When analyzing the content of Plumbum in the 11–20 cm soil layer, it should be noted that its content increased by an average of 0.15 mg/kg compared to the 0–10 cm layer.

Table 3 – The content of heavy metals in soils of household plots in 2009-2011, $M \pm m$, $n=5$ [24]

Soil layer	Heavy metal content, mg/kg	
	Pb	Cd
0-10 cm	$5,66 \pm 0,52^*$ 5,04–6,31	$0,39 \pm 0,03$ 0,37–0,43
11-20 cm	$5,80 \pm 0,82$ 4,65–6,51	$0,44 \pm 0,05$ 0,38–0,5
21-30 cm	$6,55 \pm 0,42$ 6,15–7,13	$0,49 \pm 0,02$ 0,47–0,52

Note: * in the numerator is the average content, and in the denominator - the limits of variation of min and max values of heavy metals.

Comparing the results of our experimental studies with the results of monitoring studies by Stezhko O. [24], it should be noted that the use of vermicompost obtained from raw waste from livestock, crop production, horticulture and forestry as a fertilizer will not lead to a violation of the hygienic regulations for the permissible content of chemicals in soil, approved by Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 1595 of 14.07.2020 [26]. The maximum permissible concentration (MPC), mg/kg, taking into account the background (Clark), for plumbum is 32 mg/kg. The content of Plumbum in vermicompost in the

second experimental group at 10.8 ± 0.53 mg/kg is 66.2 % of the MPC of this toxic metal in soil, and creates prerequisites for obtaining environmentally friendly products.

According to [25], with an increase in humus content to 2 %, mobile forms of Cu decreased by 45%, Pb – by 19 %, Co – by 40 %, Zn – by 45 %, Ni – by 38 %. The relationship between the content of mobile forms of the studied metals and the humus content in sod-podzolic soils was of medium closeness and the correlation coefficient was: for Pb – 0.68, Zn – 0.58, Cu – 0.58, Co – 0.67, and for nickel the relationship was close ($r=0.74$) [25]. The use of biohumus in the agroecosystem, obtained on the basis of balanced nature management using vermiculture biotechnology, is predicted to reduce the content of mobile forms of heavy metals in the soil – Cu, Pb, Zn, and Nickel.

The results of our research and the dynamics of Cadmium content in the control and experimental groups are shown in Table 4. Our studies have established a clear trend towards a decrease in the content of Cadmium in vermicompost, depending on the increase in the content of zeolite from the Sokyrnytsia deposit in the substrate.

Table 4 – Cadmium content in vermicompost, mg/kg, $M \pm m$, $n=5$

Groups of microecosystems	Cadmium content, mg/kg
Control	
Experimental:	$0,97 \pm 0,079$
Groups of microecosystems	
I	$0,81 \pm 0,043$
II	$0,75 \pm 0,069$
III	$0,64 \pm 0,054^*$
IV	$0,60 \pm 0,038^{**}$

Note: the difference is significant * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$.

The content of Cadmium in vermicompost on the 90th day of vermiculture in the control group was 0.97 ± 0.079 mg/kg. In the experimental group, where the highest productivity indicators were determined with a zeolite content of 3.0 % in the substrate, the presence of Cadmium was 0.75 ± 0.069 mg/kg, which is 22.6 % lower than in the control group.

The dynamics of Cadmium content shown in Table 4 indicates that the best adsorption properties of the Sokyrnytsia deposit celite were shown at its content in the vermiculture substrate of

6.0 %. We found a 38.1 % decrease in the Cadmium content in the IV experimental group compared to the experimental samples.

Comparing the value of the Cadmium content in the vermicompost of the II experimental group with the hygienic regulations for the permissible content of chemicals in soil, approved by the order of the Ministry of Health of Ukraine No. 1595 of 14.07.2020, it should be noted that it is 2 times lower than the established standards. The results of the studies presented in Tables 2 and 4 suggest that our approach is of practical importance, as it can solve the problems of balanced environmental management and the problems associated with the regulation of anthropogenic pressure on the environment.

When determining the correlations, it was found that the correlation between the mass fraction of zeolite from the Sokyrnytsia deposit in the Transcarpathian region in the vermiculture medium and the content of Plumbum and Cadmium in vermicompost is inversely strong ($r > -0.75$).

Conclusions. Increasing the level of use of secondary resources while saving primary raw materials plays a significant role in balanced nature management.

Modern production and economic activity is associated with the use of minerals, energy resources and substances of various origins. This causes a significant burden on the environment, reduces the living space for wildlife and facilitates the penetration of substances into the biosphere that are not typical for its natural cycle, and can cause serious environmental crises and disasters.

The intensification of anthropogenic activities leads to the generation of organic waste from livestock, crop production, gardening and forestry. Traditional methods of managing such waste do not allow for the full potential of organic raw materials.

The vermiculture technology is based on the biological characteristics of red California worms to biotransform organic waste into vermicompost and enrich it with its own microflora, enzymes, biologically active substances and prevent the development of pathogenic microflora in vermicompost.

To improve the environmental friendliness of the process of biotransformation of organic waste from livestock, crop production, horticulture and forestry into vermicompost, and to minimize the intake of Plumbum and Cadmium into agroecosystems, it is advisable to add 3.0 % zeolite from the Sokyrnytsia deposit in the Zakarpattia region to the vermiculture substrate.

The addition of 3.0 % zeolite to the vermiculture substrate leads to a decrease in the content

of Plumbum in the vermicompost by 13.6 % and Cadmium by 22.6 %, respectively, which improves the quality of this organic fertilizer and creates prerequisites for obtaining environmentally friendly products.

Prospects for further research include the development of a scheme of integrated vermiculture and a technological scheme of mechanized technology for the production of vermicompost from organic waste from livestock, crop production, gardening and forestry.

REFERENCES

1. Ali, U., Sajid, N., Khalid, A., Riaz, L., Rabbani, M. M., Syed, J. H., Malik, R. N. (2015). A review on vermicomposting of organic wastes. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 34 (4), pp. 1050–1062. DOI:10.1002/ep.12100.
2. Thakur, A., Kumar, A., Kumar, C. V., Kiran, B. S., Kumar, S., Athokpam, V. (2021). A review on vermicomposting: By-products and its importance. *Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol*, 22, pp. 156–164. ISSN: 0972-2025.
3. Vukovi'c, A., Velki, M. E'cimovi'c, S., Vukovi'c, R., Štolfa Camagajevac, I., Lon'cari'c, Z. (2021). Vermicomposting–Facts, Benefits and Knowledge Gaps. *Agronomy*. 11, 1952 p. DOI:10.3390/agronomy11101952.
4. Senchuk, M.M. (2021). Implementation of mechanized vermicomposting for the utilization of vegetable waste from horticultural farms. *Collection of scientific works "Agrobiology"*, no. 2, pp. 137–145. DOI:10.33245/2310-9270-2021-167-2-137-145. (in Ukrainian).
5. Kharchyshyn, V. M., Vered, P. I., Zlochevskyi, M. V., Herasymenko, V. Yu. (2022). Resource and energy conservation: potential, environmental and economic efficiency of application in agriculture. *Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference (December 27–30, 2022) Prague, Czech Republic*. pp. 26–32. DOI:10.46299/ISG.2022.2.14. (in Ukrainian).
6. Kharchyshyn, V. M., Vered, P. I., Zlochevskyi, M. V., Herasymenko, V. Yu. (2023). Alternative ways of handling organic waste from agricultural production: ecological and economic assessment. *Current issues of science and integrated technologies. Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference (January 10–13, 2023). Milan, Italy*, pp. 22–30. DOI:10.46299/ISG.2023.1.1. (in Ukrainian).
7. Kharchyshyn, V. M., Onyshchenko, L. S., Zlochevskyi, M. V., Pertsovyi, I. V. (2023). Ecological and economic bases of low-waste and bioconversion technologies for handling organic waste from agricultural production. *Application of knowledge for the development of science: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference (February 21–24, 2023). Stockholm, Sweden*, pp. 16–24. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/8437>. (in Ukrainian).
8. Kaletnik, H. M., Bulhakov, V. M., Hrynyk, I. V. (2011). Scientifically based and practical approaches

to the use of straw and plant residues in agriculture. Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University. no. 9, pp. 62–68. (in Ukrainian).

9. Pavlychenko, A. V., Borysovska, O. O., Parshutkin, M. A. (2012). Ways to solve the problem of plant waste management in the city of Dnipropetrovsk. Forum of miners - 2012: materials of the international conference, October 3–6, 2012. Dnipropetrovsk, Vol. 1, pp. 197–202. (in Ukrainian).

10. Herasymenko, V. H., Kharchyshyn, V. M. (2004). Intensification of agricultural waste utilization processes through the introduction of vermiculture biotechnology. Scientific Bulletin of the National Agrarian University. Issue 73, Part 1, pp. 33–38. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7798>. (in Ukrainian)

11. Kharchyshyn, V. M., Melnychenko, O. M., Vered, P. I., Zlochevskyi, M. V. (2013). Innovations in solving the problems of organic waste utilization by the method of vermiculture: a collection of scientific papers. Bila Tserkva, Issue 10 (105), pp. 64–68. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/2797>. (in Ukrainian)

12. Kharchyshyn, V. M., Herasymenko, V. H. (2005). Composition of nutrient medium for hybrid California red worms: Utility Model Patent No. 9905. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7327>. (in Ukrainian).

13. Kharchyshyn, V. M. (2021). The method of disposal of organic waste: utility model patent No. 148525. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/6717>. (in Ukrainian).

14. Kharchyshyn, V. M. (2005). The influence of the mineral composition of the nutrient medium on the content of metals in the biomass of worms. Agrarian news: a quarterly scientific and practical magazine. Bila Tserkva: BNAU, no. 1, pp. 8–9. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/8433>. (in Ukrainian).

15. Chugai, A. V., Safranov, T. A. (2020). Man-made load on the components of the environment during the formation and accumulation of waste in the regions of the North-Western Black Sea. Environmental safety and nature management, 33 (1), pp. 5–17. DOI:10.32347/2411-4049.2020.1.5-17. (in Ukrainian).

16. Voitsitskyi, V. M., Khyzhniak, S. V., Danchuk, V. V., Midyk, S. V., Keppl, O. Yu., Ushkalov, V. O. (2019). Arrival and migration of heavy metals through terrestrial and aquatic ecosystems. Bioresources and nature management, 11, no. 1–2, pp. 59–68. DOI:10.31548/bio2019.01.007. (in Ukrainian).

17. Skip, O. S., Butsiak, A. A., Havryliak, V. V., Shved, O. V., Butsiak, V. I. (2018). Alternative use of fallen leaf substrates in vermiculture. Chemistry, Technology and Application of Substances. Lviv: Lviv Politechnic Publishing House, Vol. 1, no. 2, pp. 74–79. (in Ukrainian).

18. Merzlov, S. V. (2002). Increasing the productivity of vermiculture by introducing saponite into the substrate. Bulletin of Bilotserkiv State. agrarian university: 36. sciences, works. Bila Tserkva, Issue 22, pp. 110–115. (in Ukrainian).

19. Voitkiv, P. S., Ivanov, Ye. A. (2021). Balanced nature use: Educational and methodological guide. Lviv: LNU named after I. Franka, 182 p. (in Ukrainian).

20. Herasymenko, V. H., Kharchyshyn, V. M. (2006). Ways to optimize the quality of worm biomass. Agricultural news. Quarterly scientific journal, no. 1, pp. 16–18. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/8621>. (in Ukrainian).

21. Kharchyshyn, V. M., Onyshchenko, L. S., Zlochevskyi, M. V., Melnychenko, Yu.O. (2023). Natural zeolites: composition, properties and application in greening technologies and productions. The main directions of the development of scientific research: The 15th International scientific and practical conference (Finland, April 18–21, 2023). Helsinki, pp. 20–28. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/8605>. (in Ukrainian).

22. Kharchyshyn, V. M., Bitiutskyi, V. S., Melnychenko, O. M., Vered, P. I. (2021). Modeling and forecasting the state of the environment: methodological guidelines for practical work by students of the first (bachelor) level of higher education, specialty 101 "Ecology". Bila Tserkva: BNAU, 27 p. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7090>. (in Ukrainian).

23. Morgan, J. E., Morgan, A. J. (2012). Seasonal changes in the tissue metal (Cd, Zn and Pb) concentration in two ecophysiologicaly dissimilar earthworm species, pollution monitoring implication. Environmental Pollution. Vol. 82, pp. 1–7. DOI:10.1016/0269-7491(93)90155-h.

24. Stezhko, O. V. (2012). Ecological assessment of the content of heavy metals in the soil of the Zhytomyr district. Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy. no. 3, pp. 174–176. (in Ukrainian).

25. Dovbysh, L. L. (2002). Heavy metal contamination of sod-podzolic soils of forest-agrarian landscapes of Polissia: autoref. theses of the candidate of agricultural sciences: 03.00.16. State Agroecological University. Zhytomyr, 19 p. (in Ukrainian).

26. Hygienic regulations on the permissible content of chemical substances in the soil, approved by the order of the Ministry of Health of Ukraine No. 1595 dated 14.07.2020. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text>. (in Ukrainian).

27. Horodnii, M.M., Tyvonchuk, S.O., Berri, E.S., Bykin, A.V. (1996). Bioconversion in the management of agroecosystems. Kyiv, 232 p. (in Ukrainian).

Шляхи збалансованого використання біотехнології вермикультивування в умовах антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище

Харчишин В.М., Бітюцький В.С., Мельниченко О.М., Цехмістренко С.І., Герасименко В.Ю., Онищенко Л.С.

Високий енергетичний потенціал органічних відходів дає можливість їх використання у біоконверсних технологіях, де відходи одного виробничого циклу є сировиною для подальших виробництв з одержанням екологічно чистих добрив, енергоносіїв та кормових добавок.

У статті наведено результати експериментальних досліджень із вивчення екологічної ефективності вермикультивування на органічних відходах тваринництва, рослинництва, садово-паркового та лісового господарств в умовах антропогенного навантаження.

Доведено, що завдяки біологічним особливостям вермикультури споживати велику кількість органічних решток, збагачувати їх власною мікрофлорою, ензимами, біологічно активними речовинами та виділяти у вигляді продуктів переробки (копролітів), ця технологія певною мірою вирішує проблеми збалансованого природокористування.

Визначено, що в умовах інтенсифікації виробничих процесів вторинна органічна сировина містить ряд поллютантів – важкі метали та метали-токсиканти, які можуть накопичуватися у копролітах (біогумусі).

Запропоновано підхід, який вирішує проблему міграції поллютантів та передбачає введення до субстрату вермикультури 3 % цеоліту Сокирицького родовища Закарпатської області.

Експериментально-аналітичне визначення екологічної ефективності запропонованого підходу показало, що практичне його застосування у вирішенні проблем збалансованого природокористування дозволяє зменшити накопичення у біогумусі Плюмбуму на 13,6 % та Кадмію – на 22,6 %, що підвищує якість цього органічного добрива і створює передумови для одержання екологічно чистої продукції.

Ключові слова: екологія, біотехнологія, органічні відходи, гібрид червоного каліфорнійського черв'яка, біоконверсія, природні мінерали, мінімізація забруднення навколишнього природного середовища, збалансоване природокористування.



Copyright: Kharchyshyn V. et al. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Kharchyshyn V.

Bityutsky V. Т

Melnychenko O.

Tsekhmistrenko S.

Gerasymenko V.

Onyshchenko L.

<https://orcid.org/0000-0002-3403-3535>

<https://orcid.org/0000-0002-2699-3974>

<https://orcid.org/0000-0001-5462-508X>




<https://orcid.org/0000-0002-7813-6798>

<https://orcid.org/0000-0002-678-9624>

<https://orcid.org/0000-0003-4233-3893>

УДК 664-404.9

Якість ферментованого молоковомісного продукту з комбінованим жировим складом

Андреус С.М.¹ , Романчук І.О.¹ , Рудакова Т.В.¹ ,
Моїсеєва Л.О.¹ , Наріжний С.А.² 

¹ Інститут продовольчих ресурсів НААН

² Білоцерківський національний аграрний університет



Андреус С.М., Романчук І.О., Рудакова Т.В., Моїсеєва Л.О., Наріжний С.А. Якість ферментованого молоковомісного продукту з комбінованим жировим складом. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 116–127.

Andreus S., Romanchuk I., Rudakova T., Moiseeva L., Narizhnyy S. The quality of a fermented milk-containing product with a combined fat composition. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 116–127.

Рукопис отримано: 15.09.2023 р.

Прийнято: 29.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-116-127

Повноцінне та здорове харчування є однією з найбільш важливих та необхідних умов для підтримання життя та здоров'я людини. Правильне харчування забезпечує гармонійний розвиток дітей, сприяє профілактиці захворювань, підвищенню працездатності, подовженню життя людей та створює умови для адаптації до навколишнього середовища тощо. Але останнім часом стан здоров'я населення характеризується негативними тенденціями. Тому створення якісних ферментованих молоковомісних продуктів з комбінованим жировим складом є необхідним і актуальним.

Метою роботи було дослідження якості молоковомісного ферментованого продукту з комбінованим складом сировини та встановлення гарантованого терміну зберігання на підставі оцінки його якісних показників.

У статті представлено вивчення кваліметричної оцінки якості молоковомісних ферментованих продуктів з комбінованим жировим складом та дослідження їх органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників під час зберігання. Надано ієрархічну структуру комплексного показника якості продукту, в якій визначено значимі параметри – це мікробіологічні показники (кількість молочнокислих бактерій, дріжджі, пліснява); органолептичні показники (смак, аромат, консистенція); фізико-хімічні показники (в'язкість, титрована кислотність, перекисне число). За складеними рівняннями було розраховано комплексний показник якості продуктів і встановлено, що дослідні зразки мали найвищі показники.

Дослідження органолептичних показників зразків ферментованого продукту під час зберігання показали, що упродовж 21 доби значних змін за контрольованими показниками не встановлено. Спостерігалось ущільнення структури продуктів без відділення сироватки, їх вигляд залишився прийнятним, а смак – чистим кисломолочним без стороннього присмаку і запаху. Вміст розчинного білка упродовж 14 діб у дослідних повільно зростав і становив у межах 75–82 мкг. Значення пероксидного числа після 14 доби в дослідних зразках продукту підвищувалися практично у 2 рази, порівняно зі свіжовиготовленими зразками продукту. Відзначено зростання в'язкості в межах 7–10 % у дослідних зразках ферментованого продукту із заквашувальним препаратом для йогурту, вище 10 % – у дослідних зразках ферментованого продукту із заквашувальним препаратом для сметани. Крім того, зафіксовано зростання показників титрованої кислотності в межах 72–90 °Т та кількості молочнокислих бактерій від $1,4 \cdot 10^8$ КУО/см³ до $2,3 \cdot 10^8$ КУО/см³, залежно від заквашувального препарату.

На підставі кваліметричної оцінки визначено якість ферментованого молоковомісного продукту з комбінованим складом сировини. У результаті досліджень якісних показників встановлено гарантований термін зберігання ферментованого молоковомісного продукту з комбінованим складом сировини протягом 14 діб.

Ключові слова: ферментований молоковомісний продукт, комбінований склад, якість, органолептичні показники, фізико-хімічні показники, мікробіологічні показники, термін зберігання.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Проблема повноцінного та здорового харчування завжди була однією із найважливіших, які стоять перед людством. Останнім часом у зв'язку з погіршенням екологічного стану, незбалансованим харчуванням, дефіцитом білків, вітамінів, макро- та мікроелементів та інших життєво важливих харчових речовин, послабленням імунного захисту організму структура харчування має суттєві відхилення від формули збалансованого харчування. Традиційні продукти харчування, навіть за умови відповідності їх нормам споживання, не забезпечують людину усіма необхідними мікронутрієнтами для повноцінної життєдіяльності.

За останні роки перспективним напрямом розвитку харчових технологій стало розроблення комбінованих продуктів з використанням сировини молочного і рослинного походження. Такий підхід дає змогу поєднати корисні властивості окремих компонентів у одному продукті. Зокрема, доцільним є використання молочної сировини та рослинних жирів у складі ферментованих молочних продуктів, що дає змогу не тільки заощаджувати молочну сировину, а й отримувати продукти підвищеної біологічної цінності, збалансовані за жирнокислотним складом [1, 2, 3].

Під час вибору жирової сировини для виготовлення ферментованих продуктів перевагу слід надавати жировим системам зі збалансованим жирнокислотним і тригліцеридним складом, за своїми властивостями максимально наближеними до властивостей молочного жиру.

Харчовий жир для здорового харчування повинен містити 20–30 % лінолевої, 40–60 % олеїнової і не більше 30 % насичених жирних кислот. Крім того, здатність жиру забезпечувати життєво важливі для організму метаболічні процеси визначається міжмолекулярним розподілом жирних кислот у тригліцеридах. Не менше однієї третини лінолевої кислоти повинно знаходитись у другому положенні тригліцеридів. Тільки в цьому випадку лінолева кислота менше піддається окисненню і є більш доступною для синтезу біологічно активних речовин [4].

Поліненасичені жирні кислоти – лінолева та ліноленова – не синтезуються в організмі людини, а поступають тільки з їжею (в основному, з рослинними жирами). Арахідонова кислота синтезується в організмі з лінолевої. Ці кислоти отримали назву незамінних або есенціальних кислот. У випадку відсутності есенціальних кислот зупиняється ріст організму, виникають тяжкі захворювання. Рослинна олія у своєму складі містить велику кількість

поліненасичених жирних кислот, а також фосфоліпідів, необхідних для відновлення клітин та внутрішньоклітковинних структур [5].

У молочному жирі есенціальних кислот міститься дуже мало: лінолева кислота – в кількості від 1,5 до 4,4 %, ліноленова – від 0,26 до 2,26 %, тимчасом у рослинних жирах уміст лінолевої кислоти сягає 60 %. Крім того, рослинні жири та олії – найважливіші джерела жиророзчинних вітамінів [6].

Замінники молочного жиру (ЗМЖ), що використовують під час виробництва молоковмісних комбінованих продуктів, повинні мати певний набір показників якості, згідно з Наказом МОЗ України [7]. Це є основою під час вибору із широкого асортименту замінників тільки тих, що забезпечать випуск якісної продукції.

Якість харчового продукту – це сукупність характеристик, що визначають ступінь його здатності забезпечувати стабільність складу та корисних властивостей протягом терміну придатності. Важливою складовою якості є безпечність харчового продукту для здоров'я людини. Під час тривалого зберігання якість переважної кількості харчових продуктів погіршується: змінюються органолептичні властивості; знижується біологічна цінність; накопичуються шкідливі для здоров'я продукти розпаду білків, вуглеводів, окиснення жирів; можуть утворюватися отруйні речовини; підвищується вміст сапрофітної мікрофлори й розмножується хвороботворна. На противагу – якість деяких харчових продуктів покращується під час зберігання (свіжі плоди й овочі дозрівають, у ферментованих продуктах формуються специфічні смакові властивості), однак після певного терміну вона починає погіршуватися. Пріоритетним завданням під час виробництва харчових продуктів і прогнозування терміну зберігання є відповідність органолептичних, біохімічних, мікробіологічних, структурно-механічних та інших показників якості вимог стандартів і фізіологічних потреб людини. Саме тому необхідно розробити модель продукту, враховуючи його хімічний склад, органолептичну оцінку, структурно-механічні властивості та визначити кінетику їхніх змін [8, 9].

Ще в 70-х роках в ряді країн (США, Англії, Франції, Німеччині, Австралії) були відомі рецептури м'яких масел із заміною частини молочного жиру рослинним [10]. Було розроблено технології отримання масла з комбінованим складом сировини «Нове», сметани «Делікатесна» з масовою часткою жиру 15 і 20 %, збитого напівфабрикату на молочно-рослинній основі, аналогу збитих вершків, суміші рідкої на молочно-соевій основі для м'якого

морозива [11, 12]. Науковцями Національного університету харчових технологій, створено низку продуктів з комбінованим жировим складом: «Паста білково-жирова», «Продукт сметанний», «Морозиво з комбінованим складом сировини», «Молочно-білковий зернистий продукт», «Паста молоковомісна сиркова з обліпихою», «Соус молоковомісний сметанний з часником та цибулею» [13,14].

Підвищенню якості та заощадженню молочної сировини у технологіях молоковомісних продуктів присвячено наукові праці багатьох вчених: Т. П. Арсенєвої, В. В. Вайткуса, Л. В. Голубєвої, С. С. Гуляєва-Зайцева, А. А. Творогової, G. D. Goff, H. Hidaka, H. Ichiyama та ін. Зокрема, ними розроблено рекомендації щодо технологічних режимів емульгування жирів немолочного походження у молоковомісних системах. Водночас недостатньо обґрунтовано вибір олій і продуктів їх переробки за жирнокислотним складом та фізико-хімічними показниками у разі повної або часткової заміни молочного жиру, а також способи внесення жирових компонентів до складу молоковомісних сумішей.

Метою роботи було дослідження якості молоковомісного ферментованого продукту з комбінованим складом сировини та встановлення гарантованого терміну зберігання на підставі оцінки його якісних показників.

Матеріали і методи дослідження. Предметом досліджень були суміш з комбінованим складом сировини на основі вершків і рослинного жиру з масовою часткою загального жиру 10 та 15 %, ферментована суміш після сквашування та готовий продукт з комбінованим складом сировини з масовою часткою загального жиру 10 % та 15 %. Співвідношення заміни молочного жиру рослинним становило 50:50.

Вершки отримували із незбираного молока в умовах експериментального цеху лабораторії технології молочних продуктів ППР.

В якості рослинного жиру використовували замітник молочного жиру з масовою часткою жиру 99,7 %, температура плавлення 33 °С (ВАТ «Київський маргариновий завод»).

Жирові компоненти піддавали емульгуванню в роторно-вихревому емульгаторі Я5-ОЕВ. Ефективність емульгування суміші перевіряли методом відстоювання [15].

Дослідні зразки сумішей з комбінованим складом сировини на основі вершків і рослинного жиру з масовою часткою загального жиру 10 % та 15 % пастеризували за температури 95 °С та заквашували комерційними препаратами прямого внесення на основі мезофільних та термофільних культур («Іпровіт»® ППР НААН). Для досліджень було застосовано

такі заквашувальні препарати: «Іпровіт-ССК», що складається з *Lactococcus lactis ssp. lactis*; *Lactococcus lactis ssp. cremoris*; *Lactococcus lactis ssp. diacetylactis*; *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* (для виробництва сметани та інших кисломолочних продуктів) та «Іпровіт Йогурт», що складається з *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*; *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (для виробництва йогурту та інших кисломолочних продуктів).

У зразках продукту контролювали активну і титровану кислотність, розчинний білок, пероксидне число, мікробіологічні показники свіжовиготовлених зразків на 7, 14 та 21 добу зберігання.

Під час визначення коефіцієнтів вагомості користувалися методом експертної оцінки [16, 17].

Мікробіологічні і фізико-хімічні показники визначали, згідно із загальноприйнятими стандартизованими методами; в'язкість – на ротаційному віскозиметрі АТАГО-895 VISCO, згідно з інструкцією до приладу.

Показники органолептичної оцінки визначали, згідно з характеристиками дескрипторів, які представлено у таблиці 1.

Оброблення експериментальних даних за результатами 3–5 повторів, отриманих в процесі проведення досліджень, проводилася стандартними методами із використанням пакета прикладних програм Statistica v 8.0 і Microsoft Office 2010 [18, 19].

Результати дослідження та обговорення. Кваліметричний метод оцінювання якості продуктів за останній час став загальноновживаним. Він дає можливість формалізувати і оцінити практично будь-які властивості об'єкту із заданим ступенем точності, а також узагальнено представити показник якості в інтегральному і розгорнутому виглядах.

Комплексний показник якості оцінює загальну прийнятність продукту для споживача, порівняно з іншими зразками аналогічних виробів. При цьому він має конкретний числовий вираз, що дає змогу використовувати його в економічних розрахунках.

Згідно із запропонованим методом практичної кваліметрії [16, 17], необхідно знати параметри К, які характеризують цю властивість, і параметри М, які характеризують коефіцієнти вагомості кожної із властивостей. Показники, які характеризують коефіцієнти вагомості конкретних властивостей продукту, були наступними: $M_1=0,4$ (показник мікробіологічних властивостей), $M_2=0,3$ (показник органолептичних властивостей), $M_3=0,3$ (показник фізико-хімічних властивостей).

Таблиця 1 – Органолептична характеристика і знижка балів за дефекти продукту

Дескриптори	Характеристика дескриптора	Характеристика дефектів	Знижка балів	Рівень бальної оцінки якості
Колір	Однорідний, рівномірний за всією масою, молочно-кремовий, характерний для певного виду продукту	Без дефектів	0	5
		Неоднорідний колір	1	4
		Неоднорідний колір, зайвий або невиражений	2	3
		Невідповідний певному виду продукту	3	2
		Різкий сторонній колір, наявність на поверхні плісняви	4	1
Смак	Чистий, кисломолочний, характерний для певного виду продукту, допустимий легкий присмак пастеризації	Без дефектів	0	5
		Виражений присмак пастеризації	1	4
		Виражений кисломолочний смак	2	3
		Нечистий, нехарактерний для кисломолочного	3	2
		Різкий сторонній смак	4	1
Запах	Чистий, кисломолочний, характерний для певного виду продукту	Без дефектів	0	5
		Нечистий	1	4
		Нехарактерний для певного виду продукту	2	3
		Прогірклий	3	2
		Різкий сторонній смак	4	1
Консистенція	Однорідна за всією масою, без наявних грудочок білка	Без дефектів	0	5
		Неоднорідна структура, відчутні грудочки компонентів	1	4
		Піниста консистенція, надмірно щільна	2	3
		Крихка	3	2
		Рідка, тягуча, водяниста	4	1
Присмак	Приємний молочний присмак, характерний для певного виду продукту	Без дефектів	0	5
		Надмірно виражений	1	4
		Надмірно кислий	2	3
		Виражений кислий або інший сторонній присмак	3	2
		Нечистий, гнилісний	4	1

Мікробіологічним показникам продукту надано більший коефіцієнт вагомості, оскільки вони мають першочергове значення для ферментованих продуктів.

У зв'язку з тим, що фізико-хімічні властивості визначають органолептичні характеристики розробленого продукту, а також є рівнозначними, коефіцієнти їх вагомості однакові.

Ієрархічну структуру комплексного показника якості представлено на рисунку 1.

Комплексну оцінку якості ферментованого молоковісного продукту розраховували за формулою:

$$K_0 = K_1M_1 + K_2M_2 + K_3M_3 \quad (1)$$

де, K_1 – мікробіологічні показники;

K_2 – органолептичні показники;

K_3 – фізико-хімічні показники;

$M_1 = 0,4$; $M_2 = 0,3$; $M_3 = 0,3$ – коефіцієнти вагомості кожної групи показників.



Рис. 1. Ієрархічна структура комплексного показника якості ферментованого молоковісного продукту.

Як еталонний зразок, для порівняння із розробленими дослідними ферментованими молоковісними продуктами, використовували вершки з масовою часткою жиру 10 % і 15 %, заквашені «Провіт ССК» та «Провіт Йогурт».

Комплексний показник мікробіологічних показників розробленого ферментованого молоковісного продукту має вигляд:

$$K_1 = K_{11}/K_{11\text{баз}} M_{11} + K_{12}/K_{12\text{баз}} M_{12} + K_{13}/K_{13\text{баз}} M_{13}, \quad (2)$$

де K_{11} - кількість молочнокислих бактерій;

K_{12} - дріжджі;

K_{13} - пліснява;

K_{11} , K_{12} , K_{13} - кількість молочнокислих бактерій, дріжджі і пліснява і-го продукту, відповідно;

$K_{11\text{баз}}$, $K_{12\text{баз}}$, $K_{13\text{баз}}$ - кількість молочнокислих бактерій, дріжджі і пліснява базисного продукту, відповідно;

$M_{11} = 0,3$; $M_{12} = 0,4$; $M_{13} = 0,3$ - коефіцієнти вагомості кожного із мікробіологічних показників.

Комплексний показник органолептичних властивостей має наступний вигляд:

$$K_2 = K_{21}/K_{21\text{баз}} M_{21} + K_{22}/K_{22\text{баз}} M_{22} + K_{23}/K_{23\text{баз}} M_{23}, \quad (3)$$

де K_{21} , K_{22} , K_{23} - смак, аромат і колір і-го продукту, відповідно;

$K_{21\text{баз}}$, $K_{22\text{баз}}$, $K_{23\text{баз}}$, $K_{24\text{баз}}$ - смак, аромат і консистенція базисного продукту, відповідно;

$M_{21} = 0,3$; $M_{22} = 0,3$; $M_{23} = 0,4$ - коефіцієнти вагомості кожного з органолептичних показників.

Фізико-хімічні властивості представлено титрованою кислотністю, в'язкістю та пере-

кисним числом ферментованого молоковісного продукту.

$$K_3 = K_{31}/K_{31\text{баз}} M_{31} + K_{32}/K_{32\text{баз}} M_{32} + K_{33}/K_{33\text{баз}} M_{33}, \quad (4)$$

де K_{31} , K_{32} , K_{33} - кислотність, в'язкість та пероксидне число і-го продукту, відповідно;

$K_{21\text{баз}}$, $K_{22\text{баз}}$, $K_{23\text{баз}}$ - кислотність, в'язкість та пероксидне число базисного продукту, відповідно;

$M_{31} = 0,3$; $M_{32} = 0,4$; $M_{33} = 0,3$ - коефіцієнти вагомості кожного з фізико-хімічних показників.

Дані розрахунків кваліметричної оцінки ферментованого молоковісного продукту зведено до таблиці 2.

Як засвідчують дані таблиці 2, дослідні зразки ферментованого молоковісного продукту практично за всіма показниками кваліметричної оцінки переважають показники контролю. Так, найкращим продуктом виявився зразок з масовою часткою жиру 15 % із заквашувальним препаратом для сметани і становив 0,995. Це є дуже важливим свідченням високої якості розроблених ферментованих молоковісних продуктів з комбінованим складом сировини.

Дослідження органолептичних показників зразків ферментованого продукту показали, що упродовж 21 доби зберігання значних змін за контрольованими показниками не встановлено. На 14 добу зберігання відмічено ущільнення структури продуктів без відділення сироватки, їх вигляд залишився прийнятним, а смак - чистим кисломолочним без стороннього присмаку і запаху.

Таблиця 2 – Комплексна оцінка якості ферментованого молоковісного продукту

Складові загального показника якості	Контроль «Провіт-віт-ССК» 10 % жиру	Контроль «Провіт Йогурт» 10 % жиру	Зразок 50:50«Провіт-віт-ССК» 10 % жиру	Зразок 50:50«Провіт Йогурт» 10 % жиру	Контроль «Провіт-віт-ССК» 15 % жиру	Контроль «Провіт Йогурт» 15 % жиру	Зразок 50:50«Провіт-віт-ССК» 15 % жиру	Зразок 50:50«Провіт Йогурт» 15 % жиру
Мікробіологічні показники	0,987	0,985	0,993	0,997	0,989	0,987	0,996	0,992
Органолептичні показники	0,982	0,980	0,991	0,998	0,985	0,982	0,995	0,994
Фізико-хімічні показники	0,962	0,976	0,983	0,986	0,975	0,979	0,993	0,989
Комплексний показник якості	0,977	0,980	0,989	0,994	0,983	0,983	0,995	0,992

Як бачимо з графіка (рис. 2), впродовж 14 діб вміст розчинного білка як у контрольних зразках ферментованих продуктах, так і в дослідних повільно зростав і перебував у межах 75–82 мкг. Після 21 доби вміст розчинного біл-

ка значно підвищився у всіх зразках ферментованого продукту і досяг найвищого значення у дослідному зразку продукту з вмістом жиру 15 % із йогуртовим заквашувальним препаратом і становив 95 мкг.

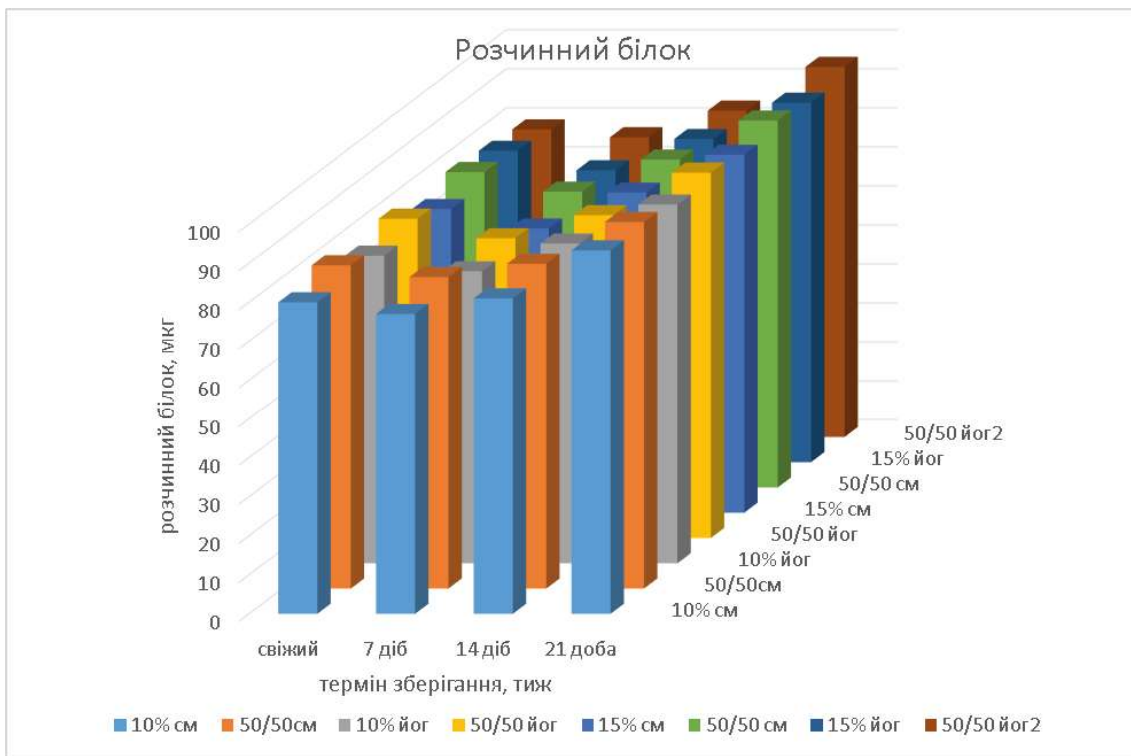


Рис. 2. Динаміка вмісту розчинного білка у ферментованому продукті під час зберігання.

На рисунку 3 показано, що на 7 добу показник пероксидного числа зростав незначно, але після 14 доби пероксиди як у дослідних зразках продукту, так і у контрольних зразках підвищуються практично удвічі, порівняно із свіжовиготовленими зразками продукту. Суттєве зростання пероксидного числа у ферментованих молокозмісних продуктах пояснюється тим, що рослинні жири містять природні антиоксиданти – токофероли, вітамін Е [20, 21].

Протягом 14 діб не зафіксовано суттєвих змін за всіма показниками, крім в'язко-

сті (табл. 3). Так, в'язкість зростала в межах 7–10 % у дослідних зразках ферментованого продукту із йогуртовим заквашувальним препаратом, була вище 10 % у дослідних зразках ферментованого продукту із заквашувальним препаратом для сметани. Спостерігається підвищення показників титрованої в межах 72–90 °Т і активної кислотності в межах 4,06–4,32 од. рН, та збільшення кількості молочно-кислих бактерій від $1,4 \cdot 10^8$ до $2,3 \cdot 10^8$ КУО/см³, залежно від заквашувального препарату (табл. 3).

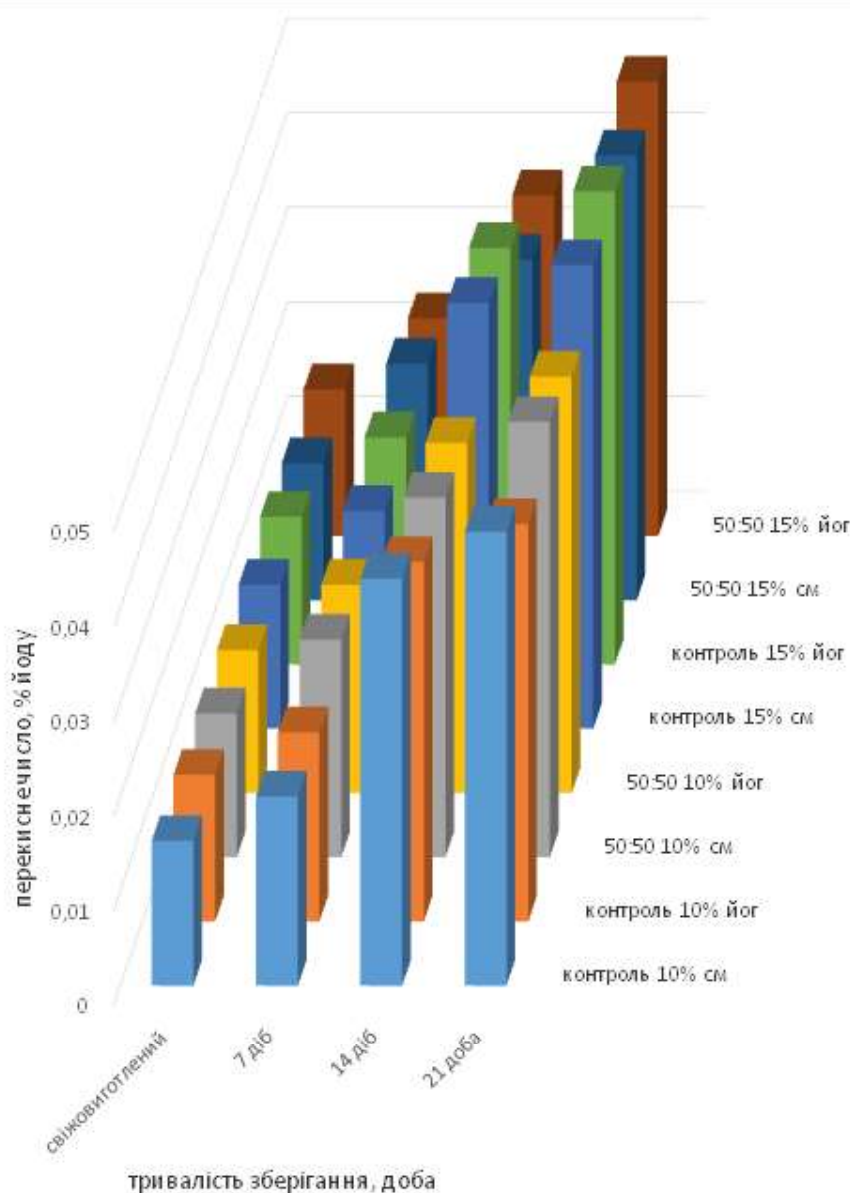


Рис. 3. Динаміка вмісту пероксидного числа у ферментованому продукту під час зберігання.

Таблиця 3 – Зміни фізико-хімічних та мікробіологічних показників продукту під час зберігання

Найменування показника	Контроль «Іпровіт-ССК» 10 % жиру	Контроль «Іпровіт Йогурт» 10 % жиру	Зразок 50:50 «Іпровіт-ССК» 10 % жиру	Зразок 50:50 «Іпровіт Йогурт» 10 % жиру	Контроль «Іпровіт-ССК» 15 % жиру	Контроль «Іпровіт Йогурт» 15 % жиру	Зразок 50:50 «Іпровіт-ССК» 15 % жиру	Зразок 50:50 «Іпровіт Йогурт» 15 % жиру
Свіжовиготовлений								
В'язкість, мПа·с	3243,12	4057,55	4188,25	4121,33	5351,99	5524,36	5785,63	5634,22
Кислотність титрована, °Т	80,0	77,0	87,0	85,0	80,0	72,0	87,0	75,0
Активна кислотність рН, од. рН	4,62	4,52	4,45	4,36	4,45	4,70	4,37	4,73
Кількість молочнокислих бактерій, КУО/см ³	3,8·10 ⁸	3,7·10 ⁸	1,7·10 ⁸	2,3·10 ⁸	1,3·10 ⁸	2,2·10 ⁸	2,0·10 ⁸	2,1·10 ⁸
Через 7 діб								
В'язкість, мПа·с	3339,04	4176,15	4308,11	4201,25	5436,01	5662,61	5979,44	5862,39
Кислотність титрована, °Т	81,0	75,0	89,0	85,0	80,0	65,0	90,0	75,0
Активна кислотність рН, од. рН	4,19	4,16	4,14	4,1	4,16	4,3	4,1	4,34
Кількість молочнокислих бактерій, КУО/см ³	1,2·10 ⁸	1,5·10 ⁸	1,3·10 ⁸	1,2·10 ⁸	1,2·10 ⁸	1,1·10 ⁸	1,9·10 ⁸	1,4·10 ⁸
Через 14 діб								
В'язкість, мПа·с	3655,45	4360,53	4528,77	4513,85	5436,01	5621,62	6391,83	5925,11
Кислотність титрована, °Т	85,0	77,0	93,0	91,0	78,0	72,0	93,0	75,0
Активна кислотність рН, од. рН	4,14	4,10	4,09	4,03	4,13	4,29	4,05	4,23
Кількість молочнокислих бактерій, КУО/см ³	1,3·10 ⁸	1,3·10 ⁸	1,4·10 ⁸	1,6·10 ⁸	1,4·10 ⁸	2,4·10 ⁸	1,7·10 ⁸	1,7·10 ⁸
Через 21 добу								
В'язкість, мПа·с	3600,21	4314,11	4582,41	4584,24	5403,85	5893,41	5988,22	5851,47
Кислотність титрована, °Т	82,0	81,0	95,0	94,0	81,0	68,0	93,0	77,0
Активна кислотність рН, од. рН	4,15	4,13	4,06	4,05	4,13	4,32	4,04	4,22
Кількість молочнокислих бактерій, КУО/см ³	7,0·10 ⁷	2,0·10 ⁷	9,0·10 ⁷	1,4·10 ⁸	1,6·10 ⁸	1,7·10 ⁸	1,6·10 ⁸	1,6·10 ⁸

Необхідно зазначити, що отримані величини не перевищували допустимих меж, встановлених ДСТУ 4418:2005 [22]. Подовження зберігання продуктів до 21 доби призводило до погіршення якості досліджуваних зразків продукту, зокрема органолептичних показників.

Одержані дані свідчать про те, що за мікробіологічними, органолептичними та фізико-хімічними показниками гарантований термін придатності ферментованого молоко-вмісного продукту з комбінованим складом сировини становить 14 діб.

Висновки. На підставі кваліметричного методу оцінки якості проведено дослідження якісних показників ферментованого молоко-вмісного продукту з комбінованим жировим складом. Встановлено, що дослідні зразки практично за всіма показниками кваліметричної оцінки переважають контроль. Причому найкращим продуктом виявився дослідний зразок з масовою часткою жиру 15 % із заквашувальним препаратом для сметани і становив 0,995.

Проведено дослідження органолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних показників ферментованого молоко-вмісного продукту з комбінованим жировим складом під час зберігання протягом 21 доби. На 14 добу зберігання було зафіксовано зростання титрованої кислотності до 90 °Т та в'язкості на 7–10 %, залежно від масової частки жиру дослідних зразків продукту із заквашувальним препаратом для йогурту, та понад 10 % – із заквашувальним препаратом для сметани. При цьому вміст розчинного білка як у контрольних зразках ферментованого продукту, так і в дослідних повільно зростав і становив у межах 75–82 мкг. На 7 добу зберігання показник перексидного числа зростав незначно, але після 14 доби перексиди як у дослідних зразках продукту, так і у контрольних зразках підвищуються практично удвічі порівняно із свіжовиготовленими зразками продукту. Дослідження органолептичних показників зразків ферментованого продукту показали, що на 14 добу зберігання відзначається ущільнення структури продуктів без відділення сироватки, їх вигляд залишився прийнятним, а смак – чистим кисло-молочним без стороннього присмаку і запаху.

У результаті проведених досліджень встановлено гарантований термін придатності ферментованого молоко-вмісного продукту з комбінованим складом сировини, який становить 14 діб.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Устименко І. М., Поліщук Г. Є. Розроблення нового виду кисломолочного продукту комбінованого складу. Харчова промисловість. 2016. 20. С. 93–99.
2. Козак О., Грищенко О. Ринок молока і молочних продуктів: світові тенденції розвитку та перспективи для України. Вісник Хмельницького національного університету, 2022. 4. С. 90–96. DOI:10.31891/2307-5740-2022-308-4-14.
3. Гуліч М. П. Раціональне харчування та здоровий спосіб життя – основні чинники збереження здоров'я населення. Проблеми старення і долголіття, 2, 2011. С. 128–132.
4. Григор'єва В. Н., Лісіцина А. Н., Алімова Т. Б. Теоретичні та практичні аспекти окислення рослинних жирів. Масло-жирова промисловість. 2003. 4 с.
5. Hashempour-Baltork F., Torbati M., Azadmard-Damirchi S., Savage G. P. Vegetable oil blending: A review of physicochemical, nutritional and health effects Trends in Food Science and Technology. 2016. 57. P. 52–58. DOI:10.1016/j.tifs.2016.09.007
6. Tamime A. Dairy Fats and Related Products. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009. 341p. ISBN: 978-1-405-15090-3.
7. Наказ МОЗ № 1613 від 16.07.2020 «Про затвердження Правил додавання вітамінів, мінеральних речовин та деяких інших речовин до харчових продуктів». URL:<https://zakon.rada.gov.ua>
8. Арсеньєва Л. Ю, Мельниченко В. М. Зміна жирнокислотного складу жирової сировини під час термічного оброблення харчових продуктів. Харчова промисловість. 2016. 20. С. 61–66.
9. Гришин М. А., Карпович А. А. Комплексна переробка молочної сировини. Київ: УМК ВО, 2001. 76 с.
10. Functional dairy products: Edited by Tiina Mattila-Sandholm and Maria Saarela. Published by Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CB1 6AH, England, 2003. 395 p.
11. Касьянова Н. О., Скорченко Т. А. Технологія виробництва кисломолочних продуктів на основі сметани. Молочне діло, 2004. 8, С. 32–34.
12. Зобкова З. С., Кутилина С. К. Рослинні жири в молочних продуктах. Молочна промисловість. 1999.
13. Белемєць Т. О. Удосконалення технологій продуктів молоко-вмісних кисломолочних з поліфункціональними наповнювачами природного походження: автореф. дис. ... канд. техн. наук. К.: НУХТ, 2021.
14. Устименко І. М. Удосконалення технологій молоко-вмісних продуктів шляхом використання харчових емульсій: автореф. дис. ... канд. техн. наук. К.: НУХТ, 2019.
15. Андреус С. М., Романчук І. О., Рудакова Т. В., Наріжний С. А. Вплив умов ферментації на властивості молоко-вмісного продукту з комбінованим складом жирової фази. Продовольчі

ресурси: зб. наук. пр. Ін-т прод. ресурсів НААН України. К., 2023. 11 (20). С. 35–43. DOI:10.31073/foodresources2023-20-04.

16. Юдіна Т. І., Назаренко А. І. Комплексна оцінка якості молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі скологин. Вісник Дон. НУЕТ. 2016. 1. С. 80–90.

17. Шидакова-Каменюка О. Г., Головка М. П., Роговий І. С., Рогова А. Л. Застосування принципів кваліметрії для оцінювання якості печива з додаванням напівфабрикату кісткового харчового. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2015. 1. С. 213–222.

18. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента. Легкая индустрия, 1974. 263 с.

19. Босов А. А., Артемчук В. В. Математичне моделювання планування експериментів. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: наук. журн. / засн. Дніпропетр. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2008. Вип. 25. С. 118–121.

20. Макаренко Р. О., Макаренко О. Г. Вплив транс-ізомерів жирних кислот на здоров'я людини: матеріали 79 міжнар. конф. молодих учених, аспірантів і студентів. «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті» Київ, 15-16 квітня 2013 року/М-во освіти і науки, молоді і спорту; НУХТ. К.: НУХТ, 2013. (4). С. 378–380.

21. Технологія модифікованих жирів: навч. посіб. Ф. Ф. Гладкий, В. К. Тимченко, І. М. Демидов та ін. 2-ге вид., перероб. Харків: Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2014. 214 с.

22. ДСТУ 4418:2005 Сметана. Технічні умови. З Поправкою та Змінами № 1 і № 2.

REFERENCES

1. Ustymenko, I. M., Polishchuk, G. E. (2016). Rozroblennia novogo vudy kuslomolocnogo prodykty kombinovanogo skladu [Development of a new type of fermented milk product of a combined composition]. *Kharchova promyslovist'* [Food Industry], pp. 93–99. (in Ukrainian).

2. Kozak O., Hryshchenko O. (2022). Rynok molo-ka i molochnykh produktiv: svitovi tendentsii rozvytku ta perspektyvy dlia Ukrainy [Market of milk and dairy products: global development trends and prospects for Ukraine]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. [Bulletin of the Khmelnytskyi National University]. 4, pp. 90–96. (in Ukrainian).

3. Gylich, M. P. (2011). Ratsional'ne kharchuvannya ta zdorovyy sposib zhyttya – osnovni chynnyky zberezheniya zdorov'ya naselennya. [Rational nutrition and a healthy lifestyle are the main factors in maintaining the health of the population]. *Problemy starinnya i dovgolittja* [Problems of aging and longevity]. 2, pp. 128–132. (in Ukrainian).

4. Grigorieva V. N., Lisitsina A. N., Alimova T. B. (2003). Teoretychni ta praktychni aspekty oksylennja roslynnyh zhyriv [Theoretical and practical aspects of oxidation of vegetable fats]. *Maslozhyrova promyslovist'* [Oil and fat industry]. 4 p. (in Ukrainian).

5. Hashempour-Baltork, F., Torbati, M., Azad-mard-Damirchi, S., Savage, G. P. (2016). Vegetable oil blending: A review of physicochemical, nutritional and health effects *Trends in Food Science and Technology*. 57, pp. 52–58. DOI:10.1016/j.tifs.2016.09.007.

6. Tamime, A. (2009). *Dairy Fats and Related Products*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 341 p. ISBN: 978-1-405-15090-3.

7. Nakaz MOZ № 1613 vid 16.07.2020 "Pro zatverdzhennya Pravyl dodavannya vitaminiv, mineral'nykh rehovyn ta deyakykh inshykh rehovyn do kharchovykh produktiv". [Order of the Ministry of Health No. 1613 dated 16.07.2020 "On approval of the Rules for the addition of vitamins, minerals and certain other substances to food products"]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua>. (in Ukrainian).

8. Arsen'yeva, L. YU, Mel'nychenko, V. M. (2016). Zmina zhyrnokyslotnoho skladu zhyrovoyi syrovyny pid chas termichnoho obroblennya kharchovykh produktiv [Changes in the fatty acid composition of fatty raw materials during thermal processing of food products]. *Kharchova promyslovist'* [Food Industry]. 20, pp. 61–66. (in Ukrainian).

9. Hryshyn, M. A., Karpovych, A. A. (2001). *Kompleksna pererobka molochnoyi syrovyny* [Complex processing of dairy raw materials]. Kyiv: UMK VO, 76 p. (in Ukrainian).

10. Mattila-Sandholm, T., Saarela, M. (2003). *Functional dairy products*. Published by Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CB1 6AH, England, 395 p.

11. Kas'yanova, N. O., Skorchenko, T. A. (2004). *Tekhnolohiya vyrobnytstva kyslomolochnykh produktivna osnovi smetany* [Production technology of sour milk products based on sour cream]. *Molochna sprava* [Dairy business]. 8, pp. 32–34. (in Ukrainian).

12. Zobkova, Z. S., Kutylyna, S. K. (1999). Roslynny zhyry v molochnykh produktakh [Vegetable fats in dairy products]. *Molochna promyslovist'* [Dairy industry]. (in Ukrainian).

13. Belemets', T. O. (2021). Udoskonalennya tekhnolohiy produktiv molokovmisnykh kyslomolochnykh z polifunktsional'nymy napovnyuvachamy pryrodnoho pokhodzhennya: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk. [Improvement of technologies of milk-containing fermented milk products with polyfunctional fillers of natural origin: abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences]. K.: NUHT. (in Ukrainian).

14. Ustymenko, I. M. (2019). Udoskonalennja tehnologij molokovmisnykh produktiv shljahom vykorystannja harchovykh emul'sij: avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk. [Improvement of technologies of milk-containing products through the use of food emulsions: abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences]. K.: NUHT. (in Ukrainian).

15. Andreus, S. M., Romanchuk, I. O., Rudakova, T. V., Narizhnyy, S. A. (2023). Vplyv umov fermentatsiyi na vlastyvoli molokovmishnoho produktu z kombinovanyim skladom zhyrovoyi fazy [Influence of fermentation conditions on the properties of a milk-containing product with a combined composition of the fat phase]. *Prodovol'chi resursy: zb. nauk. pr. In-t prod. resursiv NAAN Ukrayiny* [Food resources: coll. of science Ave. Institute of Prod. resources of the National Academy of Sciences of Ukraine]. K., 11 (20). pp. 35–43. (in Ukrainian).

16. Yudina, T. I., Nazarenko, A. I. (2016). Kompleksna otsinka yakosti molochno-roslynnykh farshiv na osnovi kontsentratu zi skoloty [Comprehensive assessment of the quality of dairy-vegetable mince-meats based on a concentrate from shavings]. *Visnyk Don. NUET* [Herald of Don NUET]. 1, pp. 80–90. (in Ukrainian).

17. Shydakova-Kamenyuka, O. H., Holovko, M. P., Rohovyy, I. S., Rohova, A. L. (2015). Zastosuvannya pryntsyviv kvalimetriyi dlya otsinyuvannya yakosti pechyya z dodavannyam napivfabrykatu kistkovo-ho kharchovoho [Application of the principles of qualimetry to assess the quality of cookies with the addition of semi-finished bone food]. *Prohresyvnii tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli* [Progressive equipment and technologies of food production, restaurant industry and trade]. 1, pp. 213–222. (in Ukrainian).

18. Tikhomirov, V. B. (1974). Planirovaniye i analiz eksperimenta. [Planning and analysis of the experiment]. *Legkaya industriya*. [Light industry]. 263 p.

19. Bosov, A. A., Artemchuk, V. V. (2008). Matematychno modeljuvannja planuvannja eksperymentiv [Mathematical modeling of experiment planning]. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universytetu zaliznychnogo transportu imeni akademika V. Lazarjana: nauk. zhurn. / zasn. Dnipropetr. nac. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazarjana* [Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan: science. journal / base Dnipropetrovsk national Railway University transp. named after Acad. V. Lazaryan]. Dnipropetrovsk, Vol. 25, pp. 118–121. (in Ukrainian).

20. Makarenko, R. O. (2013). Vplyv trans-izomeriv zhyrnyh kyslot na zdorov'ja ljudy: materialy 79 mizhnar. konf. molodyh uchenykh, aspirantiv i studentiv. «Naukovi zdobutky molodi – vyrishennju problem harchuvannja ljudstva u HHI stolitti» Kyi'v, 15-16 kvitnja 2013 roku/M-vo osvity i nauky, molodi i sportu; NUHT [Effect of trans fatty acid isomers on human health: Proceedings of the 79th Int. conf. young scientists, graduate students and students. "Scientific achievements of youth - solving the problems of human nutrition in the 21st century" Kyiv, April 15-16, 2013/Ministry of Education and Science, Youth and Sports; NUKHT]. K.: NUHT, Part 4, pp. 378–380. (in Ukrainian).

21. Hladkyy, F. F., Tymchenko, V. K., Demydov, I. M. (2014). Tehnologija modyfikovanyh zhyriv: navch. posib. / 2-ge vyd. pererob. [Technology of modified fats: training. manual / 2nd edition revised]. Kharkiv: Vyd.-vo «Pidruchnyk NTU «KHPI». [Kharkiv: Publishing house "Textbook of NTU "KhPI"]. 214 p. (in Ukrainian).

22. DSTU 4418:2005 Smetana. Tekhnichni umovy. Z Popravkoyu ta Zminyamy № 1 i № 2. [DSTU 4418:2005 Sour cream. Specifications. With Amendment and Changes №. 1 and №. 2]. (in Ukrainian).

The quality of a fermented milk-containing product with a combined fat composition

Andreus S., Romanchuk I., Rudakova T., Moiseeva L., Narizhnyy S.

Wholesome and healthy nutrition is one of the most important and necessary conditions for maintaining human life and health. Proper nutrition ensures the harmonious development of children, contributes to the prevention of diseases, increases work capacity, prolongs people's lives and creates conditions for adaptation to the environment, etc. But recently, the state of health of the population is characterized by negative trends. Therefore, the creation of high-quality fermented milk products with a combined fat composition is necessary and relevant.

The purpose of the work was to study the quality of a milk-containing fermented product with a combined composition of raw materials and establish a guaranteed shelf life based on the assessment of its quality indicators.

The article presents the study of qualitative assessment of the quality of milk-containing fermented products with a combined fat composition and the study of their organoleptic, physicochemical, and microbiological indicators during storage. A hierarchical structure of a complex indicator of product quality is provided, in which significant parameters are defined - these are microbiological indicators (the number of lactic acid bacteria, yeast, mold); organoleptic indicators (taste, aroma, consistency); physical and chemical indicators (viscosity, titrated acidity, peroxide value). A complex index of product quality was calculated using the complex equations and it was established that the experimental samples had the highest indicators.

Studies of the organoleptic parameters of the samples of the fermented product during storage showed that no significant changes in the controlled parameters were detected during 21 days. Compaction of the structure of the products without whey separation was noted, their appearance remained acceptable, and the taste was pure sour milk without extraneous aftertaste and smell. The content of soluble protein in experimental subjects slowly increased over 14 days and amounted to 75-82 µg. Values of peroxide number after 14 days in experimental samples of the product increased by almost 2 times compared to freshly prepared samples of the product. An increase in viscosity was noted in the

range of 7-10% in test samples of the fermented product with leavening agent for yogurt, above 10% in test samples of the fermented product with leavening agent for sour cream. In addition, an increase in titrated indicators within 72-90 oT and the number of lactic acid bacteria from $1.4 \cdot 10^8$ CFU/cm³ to $2.3 \cdot 10^8$ CFU/cm³ was recorded, depending on the leavening preparation.

Based on the qualitative assessment, the quality of the fermented milk-containing product with the com-

bined composition of raw materials is determined. As a result of studies of quality indicators, a guaranteed shelf life of a fermented milk-containing product with a combined composition of raw materials was established for 14 days.

Key words: fermented milk-containing product, combined composition, quality, organoleptic indicators, physicochemical indicators, microbiological indicators, shelf life.



Copyright: Андреус С.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Андреус С.М.
Романчук І.О.
Рудакова Т.В.
Моїсеєва Л.О.
Наріжний С.А.

<https://orcid.org/0000-0002-8840-4100>
<https://orcid.org/0000-0002-3988-0717>
<https://orcid.org/0000-0002-7017-735X>
<https://orcid.org/0000-0001-8845-1487>
<https://orcid.org/0000-0001-5478-3221>

УДК 637.18

Наукові підходи щодо створення технології структурованих молочних десертів з комбінованим складом сировини

Рудакова Т.В.¹ , Мінорова А.В.¹ , Моїсеєва Л.О.¹ ,

Крушельницька Н.Л.¹ , Наріжний С.А.² 

¹ Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ

² Білоцерківський національний аграрний університет



Рудакова Т.В., Мінорова А.В., Моїсеєва Л.О., Крушельницька Н.Л., Наріжний С.А. Наукові підходи щодо створення технології структурованих молочних десертів з комбінованим складом сировини. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 128–136.

Rudakova T., Minorova A., Moiseeva L. Krushelnytska N., Narizhnyy S. Scientific approaches to the creation of technology structured milk desserts with a combined composition of raw materials. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 128–136.

Рукопис отримано: 08.09.2023 р.

Прийнято: 22.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-128-136

Одним із перспективних напрямів молочної промисловості є виробництво комбінованих продуктів. Його сутність полягає у спрямованому регулюванні компонентів продуктів з метою вдосконалення їх складу та властивостей. Сьогодні молочні десерти є одним із найпопулярніших продуктів на вітчизняному ринку. З метою розширення асортименту молочних десертів, поліпшення їх структури та якості, підвищення харчової цінності та зниження калорійності раціонально використовувати нетрадиційну сировину, яка має у своєму складі необхідні функціональні інгредієнти. Для отримання молочних десертів з певною структурою потрібно використання відповідних компонентів тваринного та рослинного походження. Наприклад, сухе молоко, молочні та сироваткові концентрати, згущені молочні продукти, гідроколоїди (харчові волокна, крохмаль, желатин, похідні целюлози, камеді та ін.). Обґрунтування використання зазначених вище компонентів під час розроблення технології молочних десертів з комбінованим складом сировини є актуальним напрямом наукових досліджень.

Метою роботи було розроблення науково обґрунтованої моделі комбінування білкових і вуглеводних компонентів у складі молочних десертів з желеподібною та складною дисперсною структурами і розроблення технології пудингу і крему.

У статті представлено розроблену модель комбінування білкових і вуглеводних компонентів у складі структурованих молочних десертів. На підставі моделі комбінування вуглеводних і білкових компонентів у складі молочних десертів розроблено технології крему та пудингу на основі маслянки або ретентату. Для отримання молочних десертів з агрегативною стійкістю необхідно проводити термомеханічне оброблення за температури 80–85 °С за постійного перемішування та обертів змішувача 2800 об/хв, з наступним фасуванням без охолодження.

Досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники вироблених зразків молочних десертів. Встановлено, що молочні десерти мають максимальну вологоутримувальну здатність – 100 %, вміст цукру і жиру в них менший на 43–52 % і 33–47 % відповідно, а вміст білка вищий у 3–5 разів, ніж у традиційних видів десертів.

На підставі розробленої та науково обґрунтованої моделі комбінування білкових і вуглеводних компонентів отримано низькокалорійні структуровані молочні десерти з підвищеним вмістом білка, низьким вмістом жиру і цукру та належними показниками якості.

Ключові слова: молочні десерти, креми, пудинги, комбінований склад сировини, технологія, структура, вторинна молочна сировина, сироваткові білки, гідроколоїди.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сьогодні молочні десерти є одними з найпопулярніших продуктів харчування. Як показують маркетингові дослідження, приблизно 80 % населення, незалежно від статі та віку, купують десерти на основі молока [1–3]. Порівняно з іншими продуктами, такими як фрукти та соки, солодкі страви на основі молока вживаються населенням досить стабільно протягом усього року, тобто ця категорія продуктів не схильна до сезонних коливань, і це є позитивним економічним фактором [2].

Останнім часом, зокрема через пандемію, пов'язану із COVID–19, суттєво змінився спосіб життя людей: знизилася фізична навантаженість здебільшого через роботу онлайн, споживання продуктів з незбалансованим складом, дефіцит білка у раціоні тощо [4–6].

Одними з найцінніших молочних продуктів є маслянка і ретентат, які отримують під час виробництва вершкового масла і концентрування підсирної сироватки методом нанофільтрації, відповідно. Маслянка і ретентат містять усі складники молока і сироватки, відповідно, в останньому вони сконцентровані майже у 3,5 рази більше [7–9]. З огляду на зазначене вище, доцільним є використання маслянки і ретентату як основи для виробництва молочних десертів.

У харчовій промисловості дедалі популярнішими стають удосконалені продукти харчування з високим вмістом харчових волокон та з низьким вмістом жирів. Як замітники жиру використовують промислові препарати гідроколоїдів з метою надання бажаної в'язкості або консистенції, стабілізації харчових дисперсних систем [10, 11]. Багато гідроколоїдів є фізіологічно функціональними інгредієнтами [12, 13]. За хімічною природою гідроколоїди представлені двома видами біополімерів: поліцукридами та білками. За походженням розрізняють натуральні гідроколоїди тваринного, рослинного походження і отримані штучно [14–16]. Гідроколоїди мають такі функціонально-технологічні властивості, як загущення та гелеутворення водних розчинів, стабілізацію пін, емульсій та суспензій, уповільнення кристалізації цукру, регулювання аромату тощо [17–21].

Значний внесок у розвиток теоретичних знань і розроблення технологій молочних десертів на різній молочній основі із комбінованим складом рослинних компонентів зробили вітчизняні та закордонні вчені: Ф. В. Перцевий, Г. В. Дейниченко, В. А. Гнізевич, Т. І. Юдіна, Г. С. Полішук, Ю. В. Назаренко, О. П. Гребельник, Т. С. Schoenfuss, I. A. Kurmann, B. Kilinc, C. Chakraborty, B. Priyanka. Проте ряд питань

залишився нерозкритим, зокрема, обґрунтованості складу молочних десертів з вуглеводними і білковими складниками на основі вторинної молочної сировини.

Зазвичай десерти – висококалорійні та мають ряд недоліків, а саме: незбалансований склад, низький вміст білка та поживних речовин. Тому для раціонального використання молочної та рослинної сировини, поліпшення якості десертної продукції та розширення її асортименту, актуальним є розроблення технології структурованих молочних десертів з комбінованим складом сировини.

Метою роботи було розроблення науково обґрунтованої моделі комбінування білкових і вуглеводних компонентів у складі молочних десертів з желеподібною та складною дисперсною структурами і створення технології пудингу і крему.

Матеріали і методи дослідження. Для вироблення молочних десертів (крему і пудингу) використовували вторинну молочну сировину (маслянка і ретентат), сухе знежирене молоко, сухий концентрат сироваткових білків (КСБ), отриманий ультрафільтрацією, з масовою часткою білка 80 %; сироватку підсирну демінералізовану суху (ССД), отриману методом нанофільтрації з рівнем демінералізації 40 %; рослинні інгредієнти для вироблення крему: пектин високометоксильований, інулін, для пудингу – рисове борошно, кукурудзяний крохмаль, желатин.

Для визначення органолептичних показників проводили їх вибір на підставі літературних даних та обирали перелік параметрів, які відіграють важливу роль під час оцінювання якості десертів, зокрема: *колір, смак, запах, консистенція, присмак*. Кожен з перерахованих показників оцінювали, керуючись максимальною оцінкою 5 балів [22].

Фізико-хімічні показники молочних десертів визначали згідно із загальноприйнятими стандартизованими методами.

Ефективну в'язкість молочних десертів визначали на ротаційному віскозиметрі АТАГО-895 VISCO, згідно з інструкцією до приладу.

Для розроблення моделі комбінування компонентів у складі молочних десертів та їх технології було реалізовано методологію системного підходу, яка дає змогу об'єднати в єдине ціле різноманітні методи дослідження, представити об'єкт дослідження у вигляді систем та підсистем різного рівня, вивчити їх функціонування на макро- (взаємодія з навколишнім середовищем) і мікро-рівнях (дослідження внутрішніх характеристик) [23].

Результати дослідження та обговорення.

Сегмент десертної молочної продукції з гетерогенною структурою на вітчизняному ринку характеризується достатньо вузьким асортиментом. Очевидним є те, що наявний асортимент молочних десертів задовольняє попит споживачів не повністю. Тому актуальним і необхідним є розроблення молочних десертів з гелеподібною та складною дисперсною структурами.

На підставі аналітичних досліджень нами визначено інноваційну стратегію розроблення нових видів молочних десертів з певною структурою [24]. Головною і необхідною умовою отримання молочних десертів з певною структурою є застосування гідрокоолідів, серед яких традиційно використовуються білки (желатин) і поліцукриди (крохмаль, харчові волокна, целюлоза тощо). Водночас важливими науковими та практичними проблемами під час отримання структурованих молочних систем є формування заданих структурно-механічних властивостей гелів, які визначають органолептичні показники готового продукту, а також забезпечення термодинамічної сумісності компонентів, що визначає текстуру продукту, параметри технологічного процесу і терміни зберігання.

З використанням системного підходу [23] нами розроблено модель комбінування білкових і вуглеводних компонентів у складі молочних десертів (крему та пудингу) для отримання відповідної структури (рис. 1).

Згідно з розробленою моделлю (рис. 1), для отримання десерту зі складною дисперсною структурою, властивою кремам, у складі стабілізаційної системи необхідно використовувати вуглеводні складники, зокрема, харчові волокна (пектин та інулін), для отримання десерту з гелеподібною структурою, властивою пудингам, – поліцукриди (крохмаль кукурудзяний або картопляний, рисове борошно) і желатин. При цьому необхідною умовою є наявність у складі стабілізаційної системи білкових складників, зокрема, білків молока (сухого знежиреного молока, концентрату сироваткових білків, сироватки сухої демінералізованої). Крім того, для отримання молочних десертів з агрегативною стійкістю необхідно дотримання певних технологічних факторів, зокрема, режимів термомеханічного оброблення та фасування. Застосування взаємопов'язаних технологічних режимів під час виробництва молочних десертів ймовірно сприяє підвищенню агрегативної стійкості способом утворення прошарків дисперсій-

ного середовища з утворенням в'язко-пружно-пластичними властивостями готового продукту.

Молочні десерти передбачено виробляти на основі вторинної молочної сировини: молока знежиреного, маслянки та ретентату, через значну концентрацію поживних речовин.

Згідно з моделлю комбінування вуглеводних і білкових компонентів у складі молочних десертів нами розроблено технології виробництва крему та пудингу на різній молочної основі (рис. 2).

Згідно з технологічним процесом виробництва молочних десертів (рис. 2), маслянку або ретентат підігрівають до температури (40–45) °С, яка є раціональною для забезпечення повного і швидкого розчинення сухих компонентів.

Сухі білкові та вуглеводні компоненти для більш повного розчинення перемішують з цукром, після чого розчиняють у маслянці або ретентаті з температурою (40–45) °С. Отриману молочну суміш для пудингу або крему очищують способом фільтрування. Очищена суміш для вироблення пудингу або крему повинна визрівати протягом 2 год для набухання білків і найбільш повного відновлення сухих компонентів молочної суміші.

Після визрівання суміш піддають термомеханічному обробленню за температури (83±2) °С у разі вироблення пудингу або (80±2) °С – у разі вироблення крему за кількості обертів змішувача 2800 об/хв.

Оброблену молочну суміш без охолодження або з охолодженням до температури (65±2) °С спрямовують на фасування, пакування, маркування з подальшим охолодженням до температури (4±2) °С в холодильних камерах.

Вироблені зразки молочних десертів було досліджено за органолептичними (рис. 3) і фізико-хімічними (табл. 1) показниками.

Аналіз отриманих результатів (табл. 1) продемонстрував, що усі зразки молочних десертів мають максимальну вологоутримувальну здатність – 100 %, показники титрованої кислотності та вмісту сухих речовин пудингу незначно нижчі за показники крему, показники вмісту золи десертів на основі ретентату дещо вищі за показники десертів на основі маслянки через підвищений вміст солей у сировині, показники в'язкості крему на основі маслянки нижчі у 3,5 раза, ніж у пудингу, а на основі ретентату – у 4,5 раза. Слід зазначити, що на відміну від контролю, вміст цукру в нових видах молочних десертів менший на 43–52 %, а вміст білка – вищий у 3–5 разів.

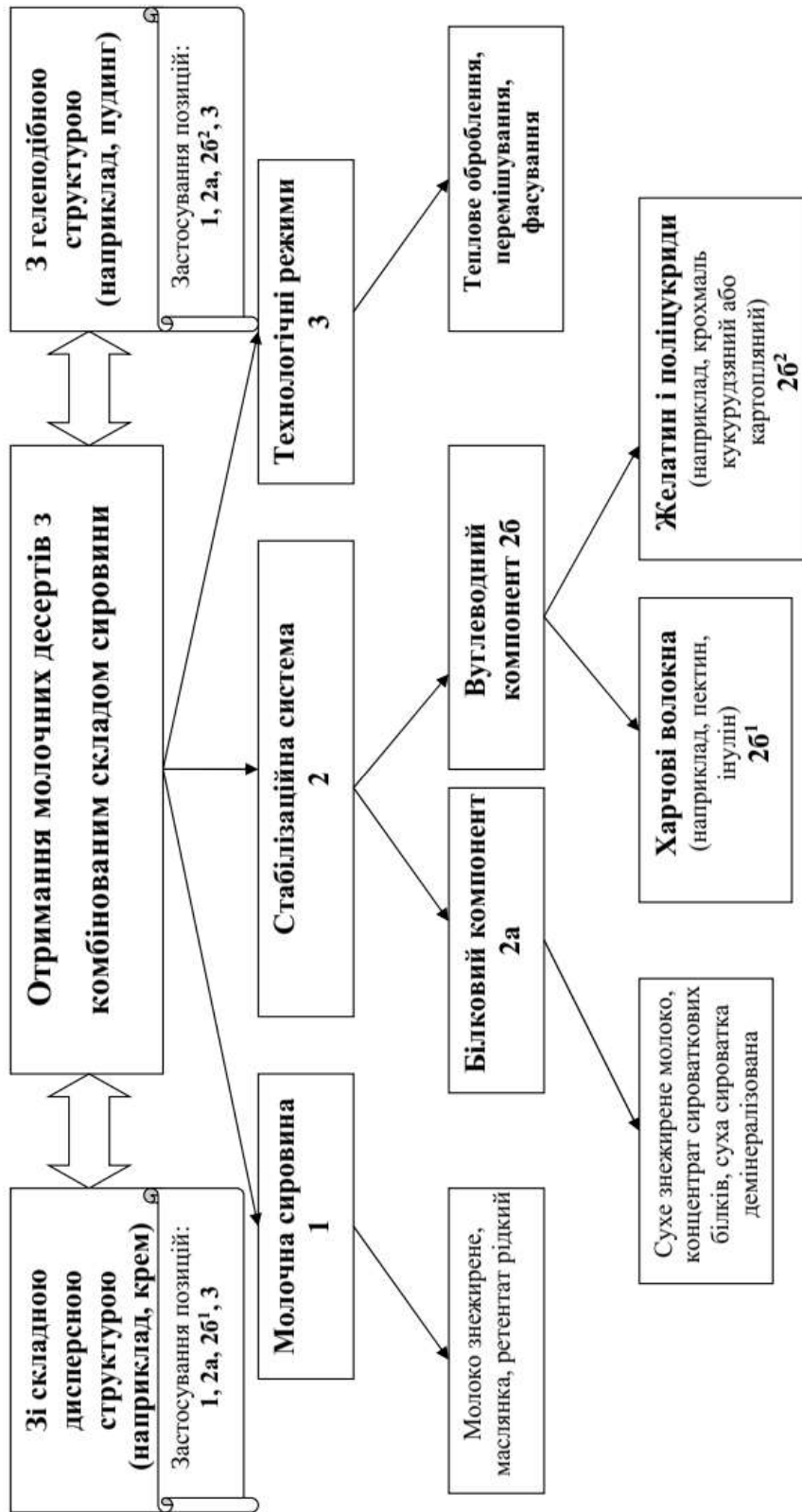


Рис. 1. Модель створення структурованих молочних десертів з комбінованим складом сировини.



Рис. 2. Технологічна схема виробництва структурованих молочних десертів з комбінованим складом сировини.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники молочних десертів на різній молочній основі (n=3, P=0,95)

Найменування показника	Пудинг на основі			Крем на основі		
	контроль	ретентату	маслянки	контроль	ретентату	маслянки
Масова частка жиру, %	3,0±0,5	1,4±0,5	1,0±0,5	2,51±0,5	1,5±0,5	0,7±0,5
Масова частка білка, %	2,55±0,27	11,74±0,16	7,83±0,22	2,54±0,12	14,97±0,22	11,53±0,40
Масова частка сухих речовин, %	27,05±0,32	28,09±0,42	25,11±0,55	31,01±0,44	29,06±0,51	26,31±0,78
Масова частка вуглеводів, %, в т.ч.:						
цукру, %	12,50±0,45	12,11±0,35	13,35±0,14	23,53±0,26	15,36±0,45	15,81±0,67
	11,02±0,33	5,93±0,56	5,95±0,45	8,03±0,51	5,98±0,33	5,93±0,74
Масова частка золи, %	2,76±0,51	2,16±0,05	1,81±0,03	2,87±0,09	2,05±0,02	1,77±0,6
Енергетична цінність, ккал	125	99	105	127	125	125
Титрована кислотність, °Т	29±1	29±1	28±1	34±1	32±1	31±1
Активна кислотність, од. рН	4,4±0,09	4,5±0,15	5,5±0,05	3,9±0,01	3,5±0,01	4,5±0,03
Вологоутримувальна здатність, %	100±1			100±1		
В'язкість, мПа·с за 1 с ⁻¹	13619,2±88,5	18220,4±77,9	12717,4±107,9	5241,5±35,7	4097,5±42,8	3640,2±24,7

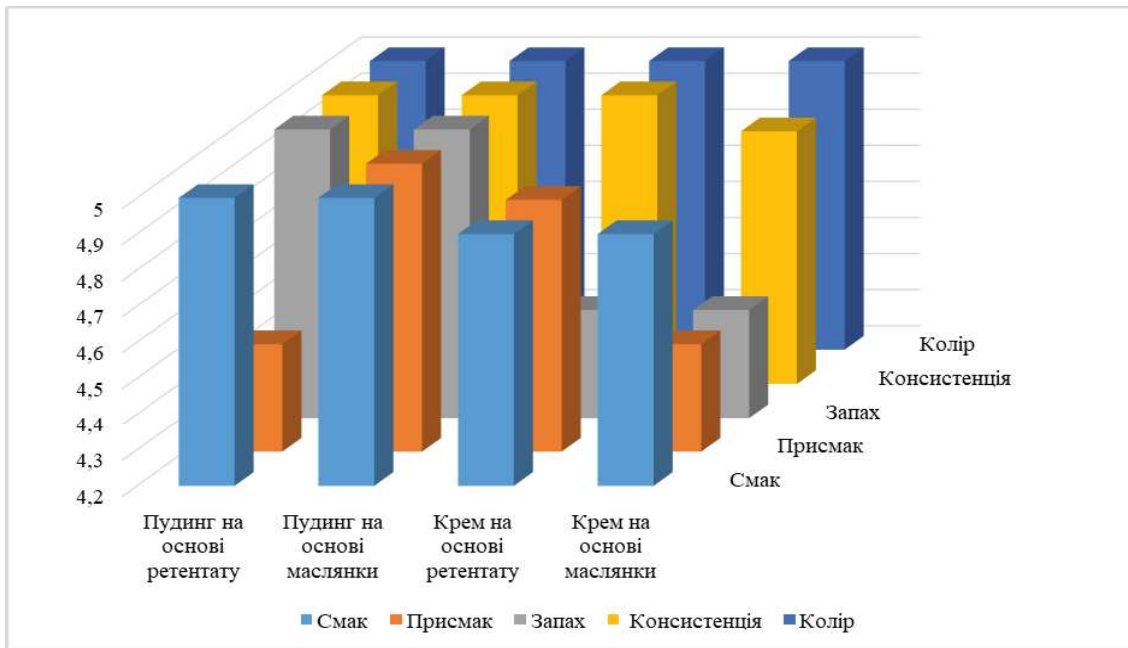


Рис. 3. Органолептичне оцінювання молочних десертів на різній молочній основі.

Дослідження органолептичних характеристик молочних десертів (рис. 3) за смаковими профілями показали, що усі зразки мали гарні показники запаху і кольору з відсутністю сторонніх запахів. Колір був світло-кремовий у зразках на основі маслянки та молочний – на основі ретентату, однорідний за всією масою. Консистенція була однорідною за всією масою, в міру щільна, без наявних грудочок білка та завареного крохмалю. Слід відзначити, що зразки молочних десертів на основі маслянки вирізнялись приємними смаком та ароматом з ніжною консистенцією. Органолептичні показники молочних десертів на основі маслянки були оцінені майже у 5 балів, на основі ретентату – у межах 4–5 балів.

Висновки. У проведеному дослідженні науково обґрунтовано вибір комбінацій білкових і вуглеводних компонентів, що виконують технологічні функції зі створення структурованих молочних десертів з адекватними структурно-механічними характеристиками та сенсорними властивостями. Запропоновані рецептурні компоненти дали змогу отримати низькокалорійні молочні десерти з підвищеним вмістом білка і зниженим вмістом жиру, порівняно з традиційними видами десертів.

Експериментально підтверджено доцільність застосування білків молока (сухе знежирене молоко, сухі сироваткові концентрати) та вуглеводних компонентів (инуліну) як джерела харчових волокон у технології виробництва

крему, а також рисового борошна як безглютенового компонента у технології виробництва пудингу. Розроблено технологію виробництва структурованих молочних десертів з комбінованим складом та досліджено їх показники якості. Встановлено, що молочні десерти мають максимальну вологоутримувальну здатність – 100 %, вміст цукру і жиру в них менший на 43–52 % і 33–47 %, відповідно, а вміст білка вищий у 3–5 разів, ніж у традиційних видів десертів. Показники ефективної в'язкості крему на основі маслянки нижчі у 3,5 раза, ніж у пудингу, а на основі ретентату – у 4,5 раза. Органолептичні показники молочних десертів на основі маслянки були оцінені майже у 5 балів, на основі ретентату – у межах 4–5 балів, усі зразки мали гарні показники запаху і кольору з відсутністю сторонніх запахів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Козак О., Грищенко О. Ринок молока і молочних продуктів: світові тенденції розвитку та перспективи для України. Вісник Хмельницького національного університету, 2022. 4. С. 90–96. DOI:10.31891/2307-5740-2022-308-4-14.
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 10.10.2023).
3. Разумова Г. В., Оскома О. В., Гаража В. І. Формування попиту на ринку молочної продукції України. Економіка та держава. 2022. 2. С. 63–67. URL: <http://www.10.32702/2306-6806.2022.2.63> (дата звернення: 06.10.2023).

4. Як COVID-19 змінює споживчі звички і впливає на тенденції в eCom? URL:<https://platon.ua/ua/news/kak-covid19-menyaet-potrebitelskie-privychki-i-vliyaet-na-tendenczii-vecom.html> (дата звернення 11.10.2023).
5. COVID-19 impact on consumer food behaviours in Europe. URL:https://www.eitfood.eu/media/news-pdf/COVID-19_Study_-_European_Food_Behaviours_-_Report.pdf (дата звернення 11.10.2023)
6. Споживання продуктів харчування в домогосподарствах. URL: http://www.uz. ukrstat.gov.ua/statinfo/vitrat/2021/spozh_prod_harch_2010-2020.pdf (дата звернення 11.10.2023).
7. Грек О. В., Поліщук Г. Є., Онопрійчук О. О. Технологія продуктів зі знежиреного молока, молочної сироватки і маслянки: навч. посіб. К.: НУХТ, 2010, 258 с.
8. Astaire J. C., Ward R., German J. B., Jiménez-Flores R. Concentration of polarMFGM lipids from buttermilk by microfiltration and supercritical fluid extraction. *Journal of dairy science*. 2003. Vol. 86 (7), P. 2297–2307.
9. Svanborg S., Johansen A. G., Abrahamsen R. K., Skeie S. B. The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk. *J. DairySci*. 2015. 98. P. 5829–5840.
10. Roberfroid M. B. Inulin-typefructans: functionalfoodingredient. *J. Nutr*. 2007; 137: 2493–2502. Roberfroid M. B., Robertson D. Effect of inulin and oligofructose on health and well-being. *Brit. J. Nutr*. 2005. 9 (Suppl. 1). P. 1–27.
11. Westenbrink S., Brunt, K., van der Kamp J. Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry*. 2012. Vol. 9. 29 p.
12. Лесник С. А., Фус С. В. Украинские пищевые биологически активные. Киев: Нора-принт. 1999. 114 с.
13. Roberfroid M. B., Robertson D. Effect of inulin and oligofructose on health and well-being. *Brit. J. Nutr*. 2005. 9 (Suppl. 1). P. 1–27.
14. Zhang H., Zhang F., Yuan R. Applications of natural polymer-based hydrogels in the food industry. In *Hydrogels Based on Natural Polymers*. Elsevier. 2020. P. 357–410. DOI:10.1016/B978-0-12-816421-1.00015-X.
15. Williams P. A. Philips G. O. Gum Arabic. In: Philips GO, Williams PA, editors. *Handbook of hydrocolloids*. New York: Woodhead Publishing Limited. 2000. P. 155–168.
16. Sworn G. Hydrocolloid thickeners and their applications. In: Philips GO, Williams PA, editors. *Gums and Stabilizers for the Food Industry*. Oxford: RSC Publishing, 2004. Vol. 12. P. 13–22.
17. Verbeken D., Thas O., Dewettinck K. Textural properties of gelled dairy desserts containing κ-carrageenan and starch. *Food Hydrocolloids*. 2004. 18. P. 817–833. DOI:10.1016/j.foodhyd.2003.12.007.
18. Turabi E., Summu G., Sahin S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*. 2008. 22. P. 305–312. DOI:10.1016/j.foodhyd.2006.11.016.
19. Sikora M., Kowalski S., Tomasik P., Sady M. Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch-xanthan gum combination. *J Food Eng*. 2007. 79. P.1144–1151. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.003.
20. Страшинський І. М., Фурсік О. П., Пасічний В. М., Маринін А. І. Дослідження реологічних властивостей харчових гідро колоїдів. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: збірник наукових праць. 2016. 2 (24). С. 288–298.
21. Камбулова Ю. В., Соколовська І. О. Дослідження реологічних властивостей розчинів пектинів, альгінату натрію та їх комплексів. *Харчова наука і технологія*. 2014. 1. С. 68–73. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnit_2014_1_16.
22. Cadena R. S., Cruz A. G., Faria J. A. F., Bolini H. M. A. Reduced fat and sugarvanillaice creams: Sensory profiling and external preference mapping. *Journal of Dairy Science*. 2012. 95 (9). P. 4842–4850. DOI:10.3168/jds.2012-5526.
23. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / О. Н. Сафонова и др. Х: ХГАТОП, 2000. 199 с.
24. Рудакова Т., Мінорова А., Крушельницька Н., Наріжний С. Наукові підходи щодо класифікації молочної десертної продукції. *Продовольчі ресурси: зб. наук. пр. Ін-т прод. ресурсів НААН України*. К.: ТОВ «БАРМИ», 2021. Т. 9 (16). С. 164–179. DOI:10.31073/foodresources2021-16-16.

REFERENCES

- Kozak, O., Hryshchenko, O. (2022). Rynok moloka i molochnyh produktiv: svitovi tendencii' rozvytku ta perspektyvy dlja Ukrainy [Market of milk and dairy products: global development trends and prospects for Ukraine]. *Visnyk Hmel'nyc'kogo nacional'no-go universytetu [Bulletin of the Khmelnytskyi National University]*. 4, pp. 90–96. DOI:10.31891/2307-5740-2022-308-4-14. (in Ukrainian).
- Oficijnyj sajт Derzhavnoi' sluzhby statystyky Ukrainy [Official website of the State Statistics Service of Ukraine]. Available at:<http://www.ukrstat.gov.ua> (date of access: 10.10.2023). (in Ukrainian).
- Razumova, H. V., Oskoma, O. V., Harazha, V. I. (2022). Formuvannja popytu na rynku molochnoi' produkci' Ukrainy [Formation of demand on the market of dairy products of Ukraine]. *Ekonomika ta derzhava. [Economy and the state]*. 2, pp. 63–67. Available at:<http://www.10.32702/2306-6806.2022.2.63> (date of access: 06.10.2023). (in Ukrainian).
- Jak COVID-19 zminjuje spozhyvchi zvychky i vplyvaє na tendencii' v eCom? [How is COVID-19 changing consumer habits and influencing trends in eCom?] Available at:<https://platon.ua/ua/news/kak-covid19-menyaet-potrebitelskie-privychki-i-vliyaet-na-tendenczii-vecom.html>. (date of access: 11.10.2023). (in Ukrainian).
- COVID-19 impact on consumer food behaviours in Europe. URL:<https://www.eitfood.eu/me>

dia/news-pdf/COVID-19_Study_-_European_Food_Behaviours_-_Report.pdf (date of access: 11.10.2023).

6. Spozhyvannja produktiv harchuvannja v domogospodarstvah [Food consumption in households]. Available at: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/vitrat/2021/spozh_prod_harch_2010-2020.pdf (date of access: 11.10.2023). (in Ukrainian).

7. Hrek, O. V., Polishchuk, H. Ye., Onopriychuk, O. O. (2010). Tehnologija produktiv zi znezhyrenogo moloka, molochnoi' syrovatky i masljanky: navch. posib. [Technology of products from skimmed milk, whey and buttermilk: education. manual]. K.: NUKHT, 258 p. (in Ukrainian).

8. Astaire, J. C., Ward, R., German, J. B., Jiménez-Flores, R. (2003). Concentration of polar MFGM lipids from butter. *Vol. 86 (7)*, pp. 2297–2307.

9. Svanborg, S., Johansen, A. G., Abrahamsen, R. K., Skeie, S. B. (2015). The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk. *J. Dairy Sci.*, 98, pp. 5829–5840.

10. Roberfroid, M.B. (2007). Inulin-type fructans: functional food ingredient. *J. Nutr.* 137, pp. 2493–2502.

11. Westenbrink, S., Brunt, K., van der Kamp, J. (2012). Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry. Vol. 9*, 29 p.

12. Lesnik S. A., Fus S. V. (1999). Ukrainskiye pishchevye biologicheski aktivnyye [Ukrainian food biologically active]. Kyiv: Nora-print, 114 p. (in Ukrainian).

13. Roberfroid, M. B., Robertson, D. (2005). Effect of inulin and oligofructose on health and well-being. *Brit. J. Nutr.*, 9 (Suppl. 1), pp. 1–27.

14. Zhang, H., Zhang, F., Yuan, R. (2020). Applications of natural polymer-based hydrogels in the food industry. In *Hydrogels Based on Natural Polymers*. Elsevier. pp. 357–410. DOI:10.1016/B978-0-12-816421-1.00015-X.

15. Williams, P. A., Philips, G. O. (2000). Handbook of hydrocolloids. New York: Woodhead Publishing Limited, pp. 155–168.

16. Sworn, G. (2004). Hydrocolloid thickeners and their applications. In: Philips GO, Williams PA, editors. *Gums and Stabilizers for the Food Industry*. Oxford: RSC Publishing, Vol. 12, pp. 13–22.

17. Verbeken, D., Thas, O., Dewettinck, K. (2004). Textural properties of gelled dairy desserts containing κ-carrageenan and starch. *Food Hydrocolloids*, 18, pp. 817–833. DOI:10.1016/j.foodhyd.2003.12.007.

18. Turabi, E., Summu, G., Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22, pp. 305–312. DOI:10.1016/j.foodhyd.2006.11.016.

19. Sikora, M., Kowalski, S., Tomasik, P., Sady, M. (2007). Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch-xanthan gum combination. *J. Food Eng.*, 79, pp. 1144–1151. DOI:10.1016/j.foodeng.2006.04.003.

20. Strashynskyy, I. M., Fursik, O. P., Pasichnyy, V. M., Marynin, A. I. (2016). Doslidzhennja reologichnyh

vlastyvestej harchovyh gidro koloidiv [Research on the rheological properties of food hydrocolloids]. *Progressivni tehnika ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv restorannogo gospodarstva i torgivli: zbirnyk naukovykh prac'*. [Progressive technology and technologies of food production in the restaurant industry and trade: a collection of scientific papers]. 2 (24), pp. 288–298. (in Ukrainian).

21. Kambulova, Yu. V., Sokolovs'ka, I. O. (2014). Doslidzhennja reologichnyh vlastyvestej rozchyniv pektyniv, al'ginatu natriju ta i'h kompleksiv [Study of rheological properties of solutions of pectins, sodium alginate and their complexes]. *Kharchova nauka i tekhnolohiya [Food science and technology]*, 1, pp. 68–73. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kh-nit_2014_1_16. (in Ukrainian).

22. Cadena, R. S., Cruz, A. G., Faria, J. A. F., Bolini, H. M. A. (2012). Reduced fat and sugar vanilla ice creams: Sensory profiling and external preference mapping. *Journal of Dairy Science*, 95 (9), pp. 4842–4850. DOI:10.3168/jds.2012-5526.

23. Safonova, O. N., Pertsevov, F. V., Grinchenko, O. A. (2000). Sistemnyye issledovaniya tekhnologiy pererabotki produktov pitaniya [Systematic research of food processing technologies]. X: XGATOP, 199 p. (in Ukrainian).

24. Rudakova, T., Minorova, A., Krushel'nyts'ka, N., Narizhnyy, S. (2021). Naukovi pidkhody shchodo klasyfikatsiyi molochnoyi desernoyi produktsiyi [Scientific approaches to the classification of dairy dessert products]. *Prodovol'chiresursy: zb. nauk. pr. In-t prod. resursiv NAAN Ukrainy*. [Food resources: collection of scientific works Institute of Food Resources of the National Academy of Sciences of Ukraine]. K.: TOV «BARMY», 9 (16), pp. 164–179. DOI:10.31073/foodresources2021-16-16. (in Ukrainian).

Scientific approaches to the creation of technology structured milk desserts with a combined composition of raw materials

Rudakova T., Minorova A., Moiseeva L. Krushelnytska N., Narizhnyy S.

One of the promising areas of the dairy industry is the production of combined products. Its essence consists in the directed regulation of the constituent components of products in order to improve their composition and properties. Today, dairy desserts are one of the most popular products on the domestic market. In order to expand the range of dairy desserts, improve their structure and quality, increase the nutritional value and reduce the calorie content, it is rational to use non-traditional raw materials that contain the necessary functional ingredients. To obtain dairy desserts with a certain structure, it is necessary to use the appropriate components of animal and plant origin. For example, milk powder, milk and whey concentrates, condensed milk products, hydrocolloids (food fibers, starch, gelatin, cellulose derivatives, gums, etc.). Justification of the use of the above-mentioned components during the development of the technology of dairy desserts with a combined composition of raw materials is an actual direction of scientific research.

The purpose of the work was to develop a scientifically based model for combining protein and carbohydrate components in the composition of dairy desserts with gel-like and complex dispersed structures and to create pudding and cream technology.

The article presents a developed model of combining protein and carbohydrate components in structured dairy desserts. Based on the model of combining carbohydrate and protein components in dairy desserts, we have developed cream and pudding technologies based on buttermilk or retentate. In order to obtain dairy desserts with aggregative stability, it is necessary to carry out thermomechanical processing at a temperature of 80–85 °C with constant mixing and agitator revolutions of 2800 rpm, followed by packaging without cooling.

The organoleptic and physico-chemical parameters of the produced samples of dairy desserts were studied. It was established that dairy desserts have the maximum moisture retention capacity – 100%, their sugar and fat content is 43–52% and 33–47% lower, respectively, and the protein content is 3–5 times higher than in traditional types of desserts.

It has been proven that on the basis of the developed and scientifically based model of combining protein and carbohydrate components, low-calorie structured dairy desserts with high protein content, low fat and sugar content and appropriate quality indicators were obtained.

Key words: dairy desserts, creams, puddings, combined composition of raw materials, technology, structure, secondary dairy raw materials, whey proteins, hydrocolloids.



Copyright: Рудакова Т.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Рудакова Т.В.

Мінорова А.В.

Моїсєєва Л.О.

Крушельницька Н.Л.

Наріжний С.А.

<https://orcid.org/0000-0002-7017-735X>

<https://orcid.org/0000-0002-7557-1444>

<https://orcid.org/0000-0001-8845-1487>

<https://orcid.org/0000-0002-3549-320X>

<https://orcid.org/0000-0001-5478-3221>

ЕКОЛОГІЯ

УДК 66.047.7

Технологічні аспекти розроблення термовакуумної установки сушіння зерна з одночасною дегідратацією і дезінсекцією

Кутовий В.О.¹ , Куцан О.Т.² ¹ Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»² Інститут ветеринарної медицини НААН

Кутовий В.О., Куцан О.Т. Технологічні аспекти розроблення термовакуумної установки сушіння зерна з одночасною дегідратацією і дезінсекцією. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 137–144.

Kutovy V., Kutsan O. Technological aspects of the development of thermal vacuum installation for drying grain with simultaneous dehydration and disinsection. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 137–144.

Рукопис отримано: 04.09.2023 р.

Прийнято: 18.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-137-144

Україна є одним із найбільших виробників зернової продукції. Через природно-кліматичні умови щорічно від 50 до 80 % зібраного врожаю зернових культур підлягає сушінню та дезінсекції. Сушіння і одночасна дезінсекція зерна є основними технологічними операціями з видалення збиткової вологи із зернового матеріалу та звільнення його від комірних шкідників, що в масштабах країни забезпечує уникнення мільйонних збитків. У статті наведено матеріали щодо розроблення високоефективної екологічно чистої установки та енергозберігальної технології дегідратації з одночасною дезінсекцією вологого зерна, яка забезпечує висушування зерна за короткий проміжок часу до вологості 12...14 % та знищення шкідників. В огляді обговорюються основні сушильні установки конвективного типу, які використовують нагріте повітря. Проаналізовано їх основні позитивні та негативні сторони використання. Представлено експериментальну модель розробленої високоефективної екологічно чистої установки сушіння зерна з фізико-математичним обґрунтуванням. Обчислено такі показники, як швидкість завихрення зерна (v_B) за різних температур, величина відцентрової сили зерна (F), що рухається в порожнині нагрівального елемента спіральним каналом. Обґрунтовано миттєвий процес передавання теплової енергії від стінки нагрівача до вологого зерна. Так, елемент поверхні (dS) вологого зерна отримує потік теплової енергії (dQ) з температурою (T) за короткий проміжок часу (Δt) за коефіцієнта теплопередачі (a).

Експериментально доведено, що на дегідратацію зерна впливає, щонайменше, три параметри: температура нагрівання, його вологість та тиск у вакуумній камері. Усі параметри між собою взаємопов'язані та впливають на технологічні показники. Таким чином, застосування термовакуумної технології є альтернативою традиційним високотемпературним способам сушіння зернових культур.

Ключові слова: термовакуумна дегідратація зерна, сушильна установка, дезінсекція.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Показником термостабільності зерна є максимально допустима температура його нагрівання, яка повинна бути нижчою температури денатурації рослинних білків [1]. Зміни показників вологи і температури зерна під час сушіння суттєво впливають на мукомельні, а також на хлібопекарські і кулінарні властивості борошна. Насіннєве зерно під час сушіння допустимо нагрівати до 318 °К, продовольче – до 328 °К, фуражне – до 333 °К [2, 3].

Таким чином, інтенсифікація процесу сушіння зерна шляхом підвищення температури навколишнього середовища є неприйнятною, необхідно досить ретельно підходити до питання вибору температурного режиму.

Впровадження нових методів і прогресивних технологій у процесі сушіння зерна є найважливішим засобом підвищення ефективності роботи зерносушильного обладнання за рахунок зниження енергоспоживання, покращення якості висушеного продукту та зниження його

собівартості. Крім того, конструкція агрегату для сушіння повинна бути надійною, довговічною, повністю вписуватись у конструктивні та технологічні рішення під час сушіння термолабільних матеріалів [4, 5, 6].

У зв'язку з безперервним підвищенням цін на енергоносії актуальною є проблема зниження частки енергозатрат у собівартості сушіння зерна, яка, за оцінками експертів, сягає 75–80%. Пошук оптимального науково-технічного рішення для сушіння термочутливих матеріалів є світовою проблемою. Необхідно створювати перспективні технології і обладнання для сушіння, які б відповідали світовому рівню, а в деяких випадках перевищували його за низкою показників. Використання нової технології та нового обладнання дасть змогу скоротити питомі затрати умовного палива.

Метою роботи є розроблення високоефективної екологічно чистої установки та енергозберігальної технології дегідратації та одночасної дезінсекції вологого зерна, що дасть змогу висушувати зерно за короткий проміжок часу до вологості 12–14 % та знищувати комірних шкідників.

Матеріал і методи дослідження. Представлена експериментальна модель розробленої високоефективної екологічно чистої установки сушіння зерна за технологічними особливостями та фізико-математичними критеріями. Обчислено такі показники: швидкість завихрення зерна (v_B) за різних температур, величина відцентрової сили зерна (F), що рухається в порожнині нагрівального елемента спіральним каналом. Обґрунтовано миттєвий процес передавання теплової енергії від стінки нагрівача до вологого зерна. Так, елемент поверхні (dS) вологого зерна отримує потік теплової енергії (dQ) з температурою (T) за короткий проміжок часу (Δt) за коефіцієнтом теплопередачі (a). Також відпрацьовувалась температура (T) усередині поверхневого шару вологого зерна у момент дотику до стінки нагрівача за умови інтенсивного випаровування вологи ($T_1 > T$), щоб не відбулося миттєвого перегрівання рідини і не почався процес інтенсивного паровиділення у поверхневому шарі зерна. Проводили контроль за тиском насиченої пари всередині поверхневого шару. Експериментально було визначено умови, які б не спричиняли локального імпульсного парового вибуху, що призводить до руйнування зерна.

Результати дослідження та обговорення. В Україні використовується широка номенклатура зерносушарок як вітчизняних, так і закордонних виробників [7–10].

Сьогодні використовують здебільшого сушильні установки конвективного типу, в яких

застосовують нагріте повітря, яке передає тепло до зерна і видаляє вологу, що випаровується. Повітря, своєю чергою, нагрівають спалюванням рідкого палива, або природного газу. При цьому необхідно використовувати певні види палива, що не забруднюють навколишнє природне середовище та зерно канцерогенними речовинами. Тому сушильні установки, які працюють на рідкому паливі, обладнано теплообмінником, що забезпечує подання чистого повітря до вологого матеріалу [11, 12]. Сушильні установки безперервної дії — шахтні, колонні, карусельні [13, 14]. Установки для сушіння періодичної дії — камерні, лоткові та інші [15]. Для усіх цих установок використовується рідке паливо, потреба в якому становить 0,8...0,9 млн т на рік. Висушене зерно, відповідно, повинно бути екологічно чистим, мати високі харчові якості та звільненим від комірних шкідників [16].

Загальні недоліки зерносушарок на рідкому паливі:

- недостатня інтенсивність процесу сушіння;
- громіздкість;
- можливість перегріву зерна;
- невисока ефективність;
- висока вартість;
- доставка рідкого палива до місця сушіння зерна.

У таких зерносушарках складно контролювати залежність між температурою нагрітого повітря і температурою зерна. Необхідно контролювати об'єм повітря та його вологість. Важливими факторами ефективності установки для сушіння конвективного типу є відношення температури повітря до його витрат та тривалості сушіння. Швидкість сушіння зерна перебуває у прямій залежності від температури повітря. З підвищенням температури зерна об'єм повітря має містити більшу кількість тепла. Ефективність установки для сушіння змінюється залежно від погодних умов. За низької температури повітря температура зерна може бути підвищена шляхом збільшення кількості тепла, яке додається до повітря [4, 5, 6]. Ефективність установки для сушіння залежить також від того, наскільки міцно під час сушіння утримується волога всередині зерна певного виду. Дрібні зерна втрачають вологу швидше, ніж крупні. Якість зерна у разі сушіння нагрітим повітрям низька. Найпоширенішим пошкодженням зерна під час його сушіння є утворення тріщин, що спричинюється високою швидкістю сушіння. Таке пошкодження виявляється в утворенні тріщин на поверхні зерна або всередині. Якщо молоти

зерно із тріщинами, знижується вихід борошна вищого гатунку. Для запобігання утворенню тріщин необхідно контролювати як температуру сушильного агента, так і швидкість видалення вологи із зерна. Утворення тріщин зростає за зростання температури сушильного агента. Швидке охолодження висушеного зерна також сприяє зростанню його руйнування. Розробляється, наприклад, технологія з використанням газових рециркуляційних сушарок з протитоковим короткотерміновим та інтенсивним підігріванням. Ця технологія дає змогу оптимізувати (за енергетичним критерієм) процес сушіння зерна різної вологості у потоці та забезпечує високу якість за мінімальних витрат палива. Використання нової технології і нового обладнання дало можливість скоротити питомі витрати умовного палива.

В останні роки для зберігання і сушіння зерна використовують сховища з аерожолобами, в яких сушіння зерна виконується вентиляванням, хоча цей метод енергоємний і нерентабельний. Широкого розвитку набули комбіновані процеси сушіння, які поєднують високошвидкісний процес високотемпературного сушіння періодичної або безперервної дії з низькотемпературним внутрішньобункерним сушінням. Переваги такого комбінованого сушіння — у підвищенні пропускної здатності сушарок, скороченні витрат палива, покращенні якості висушеного зерна.

Використання струмів високої частоти для сушіння зерна дає змогу зменшити час сушіння

і температуру нагрівання матеріалів до гранично допустимих. Робота таких установок високоєфективна і рентабельна. Сьогодні тривають роботи щодо впровадження цих установок у виробництво. Недоліком таких установок є наявність високочастотного поля та висока вартість.

Розробляються також вакуумні імпульсні установки для сушіння. Після швидкого нагрівання зерна до відповідної температури камера для сушіння з зерном піддається імпульсному (менше 1,0 с) вакуумуванню. Для цього автоматично перекривають вакуумні клапани на лініях подання та відведення теплоносія, і, відповідно, відкриваються швидкодіючі клапани на лінії вакуумування. За імпульсного вакуумування та витримуванні під вакуумом (1,3...2,4 кПа) зерно за рахунок інтенсивного випаровування вологи охолоджується. Подальші цикли нагрівання, імпульсного вакуумування, скидання вакууму повторюються до досягнення зерновою культурою кіцевої (12...14 %) вологості. Недоліком цієї установки є те, що різкий перепад тиску і температури призводить, як було описано вище, до розтріскування оболонки зерна. Тому зерно, висушене у такий спосіб, можна використовувати лише як фуражне.

У розробленій нами високоефективній екологічно чистій установці з дотриманням енергозберігальної технології дегідратації зерно (1) надходить у внутрішню частину нагрівального елемента (2) термовакуумної установки разом із повітрям (рис. 1) [16].

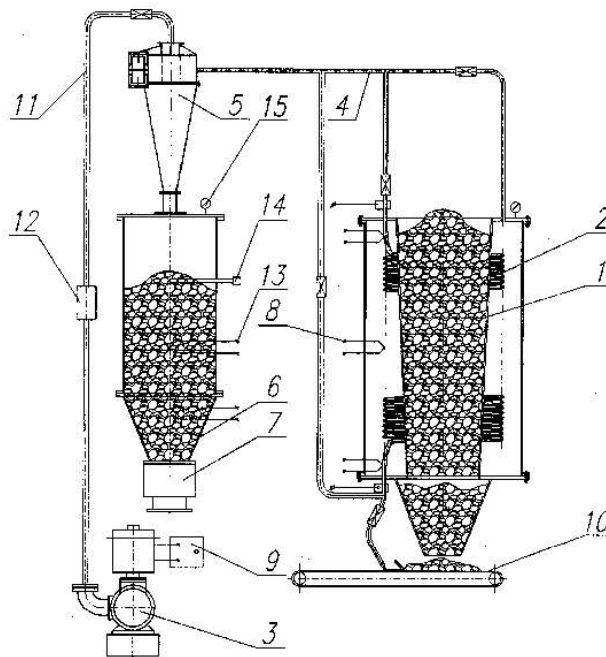


Рис. 1. Схема термовакуумної установки.

Нагрівальний елемент має форму спіралі. Зерно з транспортера (10) разом з повітрям потрапляє на внутрішню частину нагрівального елемента. Для того щоб зерно рухалось всередині нагрівального елемента, у вихідному потоці необхідно, щоб швидкість завихрення зерна задовольняла умову [16].

$$v_B = v_1 \sqrt{\frac{\rho_{1A}}{\rho_{2A}}}, \quad (1)$$

де v_B – швидкість завихрення, м/с;

v_1 – швидкість завихрювання за температури 293 °К, м/с;

ρ_{1A} – густина повітря за температури 293 °К, кг/м³;

ρ_{2A} – густина повітря за температури нагрівання, кг/м³.

Так, за температури навколишнього середовища 298 °К швидкість завихрення зерна пшениці становить приблизно 14 м/с.

На зерно, що рухається в порожнині нагрівального елемента спіральним каналом, діє відцентрова сила F .

$$F = \frac{mv^2}{R}, \quad (2)$$

де m – зерно, (кг); v – швидкість руху зерна в порожнині спірального нагрівального елемента, м/с;

R – радіус спіралі нагрівального елемента, м.

Відцентрова сила притискає зерно до стінки нагрівального елемента. Між поверхневою площиною зерна та стінкою нагрівача утворюється тісний контакт, що дає змогу максимально використовувати тепло нагрівального елемента. Відбувається миттєвий процес передавання теплової енергії від стінки нагрівача до вологого зерна [7]. Елемент поверхні dS (м²) вологого зерна отримує потік теплової енергії dQ (Дж) з температурою T (К) за короткий проміжок часу dt (с) за коефіцієнта теплопередавання a , (Вт/м²·К):

$$dQ = a \cdot T \cdot dt \cdot dS. \quad (3)$$

Тепловий опір R_c поверхневого шару зерна визначає товщину проникнення теплової енергії всередину вологого матеріалу:

$$l = R_c \cdot dS \cdot \lambda,$$

де l – товщина проникнення теплової енергії всередину вологого зерна, м;

R_c – тепловий опір зерна, К/Вт;

λ – коефіцієнт теплопровідності зерна, Вт/м·К.

Підставивши значення dS із виразу (2) у вираз (3), отримаємо товщину проникнення теплової енергії dQ всередину вологого зерна за певний проміжок часу dt .

$$l = \frac{R_c \cdot \lambda \cdot dQ}{a \cdot T \cdot dt} = \frac{R_c \cdot \lambda \cdot P}{a \cdot T}, \quad (4)$$

де $P = dQ/dt$ – теплова потужність, Вт.

Температура (T) усередині поверхневого шару вологого зерна у момент дотику до стінки нагрівача не повинна бути вищою за температуру (T_1) інтенсивного випаровування вологи ($T_1 > T$), щоб не відбулося миттєвого перегрівання рідини і не почався процес інтенсивного паровиділення у поверхневому шарі зерна. У результаті цього тиск насиченої пари усередині поверхневого шару стає значно вищим, ніж на поверхні. Утворюється локальний імпульсний паровий вибух, що призводить до руйнування зерна. Температура зерна під час дегідратації не повинна перевищувати 323 °К.

У нагрітому стані зерно через трубопровід (4) потрапляє в циклон-розподільник (5), а з нього – у вакуумний об'єм (6). У циклоні зерно відділяється від сумішей, комах, і частково звільняється від вологи. Різні домішки і комахи залишаються на фільтрі (12), а пара та газу по трубопроводу (11) переходять у насос (3).

Контроль за температурою нагрівального елемента з точністю $\pm 1^\circ\text{C}$, виконується за допомогою вимірювача температури (8). За досягнення нагрівачем заданої температури прилад подає сигнал на вимкнення електричного струму від нагрівача. Після зниження температури нижче заданої прилад подає сигнал для увімкнення джерела енергії нагрівального елемента. За температурою нагрітого зерна, яке надходить у бункер, також здійснюється контроль. Якщо в бункер надходить зерно з температурою вищою від заданої, прилад (13) дає сигнал на вимкнення джерела енергії від нагрівача. У міру заповнення бункера нагрітим зерном датчик рівня (14) подає сигнал на вимкнення вакуумного трубопроводу, який подає нагріте зерно у вакуумний бункер і вмикає вакуумний трубопровід, який подає нагріте зерно до порожнього вакуумного бункера.

Насос створює в бункері тиск $26,6 \cdot 10^2$ Па і видаляє вологу, яка випаровується із бункера. За досягнення зерном вологості 12 % індикатор вологості подає сигнал шлюзовому засуву (7) на вивантаження зерна із бункера. У міру заповнення фільтра дрібними частинами і комахами пропускна здатність фільтра погіршується та змінюється тиск у трубопроводі (11).

Індикатор тиску (15) подає сигнал на увімкнення вібраційного приладу фільтра, внаслідок чого пропускна здатність фільтра покращується. Установка продовжує працювати в штатному режимі. Управління термовакуумною установкою здійснюється з пульта (9).

Під час проходження вологого зерна в порожнині нагрівального елемента за 20 с відбувається перемішування і рівномірне його нагрівання. Вологість зерна знижується до 8 %, при цьому зерно нагрівається до температури не більш, як 323 °К. (Рис. 2).

12 % в сушильній шафі за атмосферного тиску впродовж 9 годин, що у 9 разів повільніше, порівняно з термовакуумною установкою. Низькотемпературний режим сушіння насінневого зерна зберігає поживні речовини та забезпечує його життєздатність.

У термовакуумній установці рух вологи із внутрішньої частини каркасу зерна назовні відбувається за нижчих температур. Інтенсивність дегідратації зерна залежить від температури нагрівача, тиску навколишнього середовища, коефіцієнта дифузії вологи.

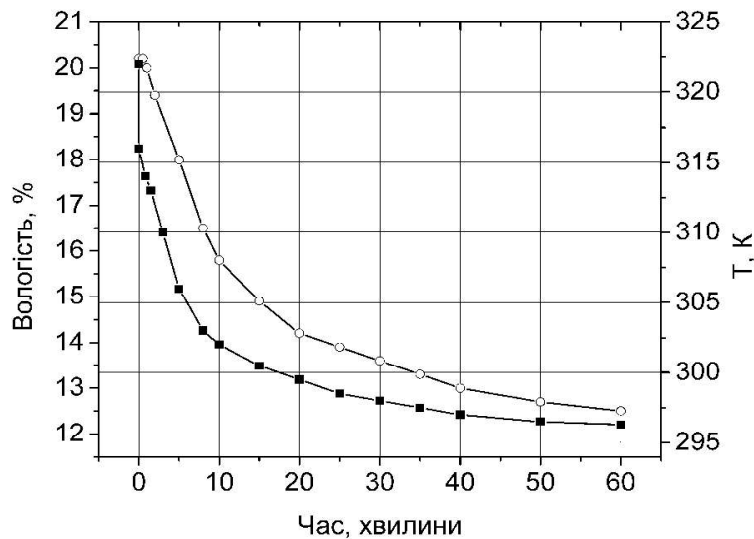


Рис. 2. Зміни вологості зерна (%) і температури (К) під час термовакуумного сушіння.

Із нагрівального елемента зерно потрапляє у вакуумний бункер-накопичувач. У бункері вологе зерно продовжує висихати за рахунок градієнту тиску навколишнього середовища і тиском у тілі зерна, теплової енергії, яку зерно отримало під час перебування в нагрівальному елементі. Через 60 хвилин його вологість становить приблизно 12 %. За цей час температура зерна знижується до 297 °К.

Отже, на дегідратацію зерна впливає щонайменше три параметри: температура нагрівання, його вологість та тиск у вакуумній камері. Усі параметри між собою взаємопов'язані та впливають на технологічні показники. Спосіб термовакуумної дегідратації не чинить забруднення навколишнього середовища та безпосередньо зерна. Для порівняння – зерно із початковою вологістю 20 % висихає до вологості

Дослідження показали, що зерно швидко нагрівається, але повільно віддає вологу. Максимально допустима температура нагрівання зерна визначається термостійкістю його білкового компонента. Для дегідратації насінневого зерна необхідно застосовувати низькотемпературний режим, який зберігає поживні речовини в зерні, щоб воно залишалось життєздатним. Як видно із рисунка 3, алейронові клітини, крохмаль, білок, клейковина в зерні збережені, не зруйновано оболонки зерна, збережено від руйнування алейроновий пласт, який, своєю чергою, повністю зберігає клітини ендосперму.

У разі підвищення температури нагрівання життєздатні клітини гинуть, і зерно може використовуватись як фуражне (рис. 4).

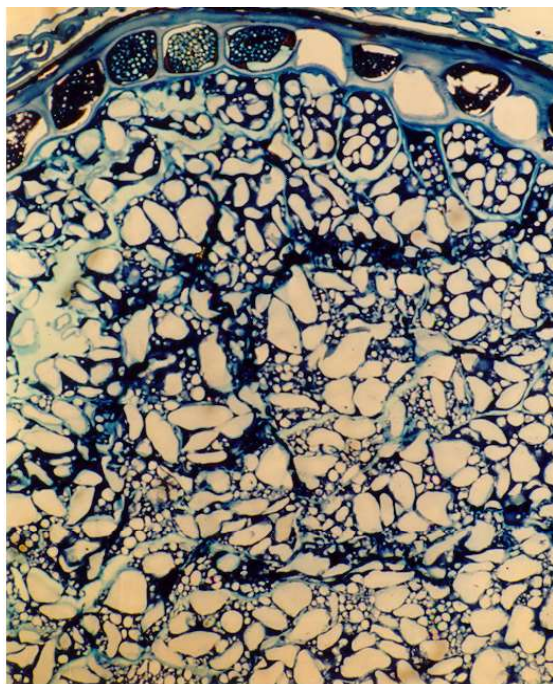


Рис. 3. Дегідратація зерна за температури 343 °К.

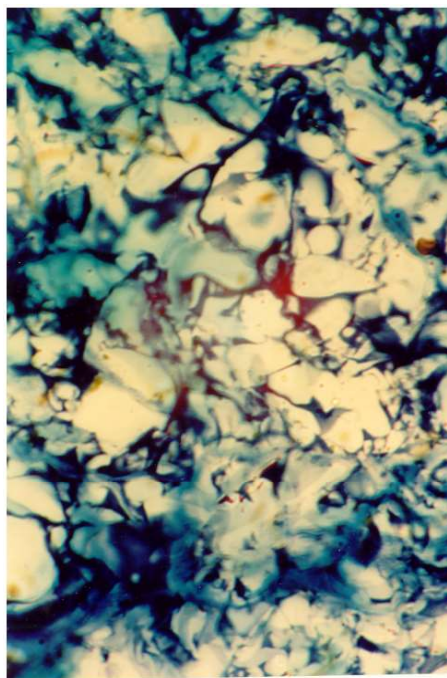


Рис. 4. Дегідратація зерна за температури 318 °К.

Із викладеного вище слідує, що для дегідратації зерна раціонально застосовувати термовакуумний метод, оскільки термовакуумна технологія є альтернативою традиційним високотемпературним способам сушіння зернових культур. Перевагою термовакуумної дегідратації є те, що за залишкового тиску 1,3...6,6 кПа у зерні гинуть різноманітні шкідники та мікроорганізми. Дослідним шляхом встановлено, що довгоносик комірний, борошноїд, борошняний кліщ у вакуумі гинуть практично миттєво.

На підставі аналізу експериментальних досліджень із дегідратації зерна слідує, що термовакуумна установка задовольняє вимоги, до зерносушильних агрегатів та має низку переваг порівняно з традиційними способами сушіння та існуючими зерносушарками. Технічні дані термовакуумної установки для дегідратації зерна є такими:

- прискорений процес дегідратації за рахунок підвищення інтенсивності випаровування у вакуумному об'ємі;
- енергоносій – електричний струм;
- немає необхідності в придбанні і постачанні рідкого або твердого палива, природного газу;
- зерно не підгорає, не розтріскується; низька температура нагрівання, що запобігає перегріванню зерна;
- відсутність забрудненості зерна продук-

тами згорання палива забезпечує екологічну чистоту висушеного зерна;

- можливість очищення зерна від легких домішок та комах;
- безперервний процес дегідратації з дезінсекційною обробкою зерна;
- надійність та безпечність;
- продуктивність та мобільність;
- низька металоємність та малі габарити;

Висновки. Розроблена термовакуумна технологія дегідратації зерна дає можливість безперервно, рівномірно і з високою продуктивністю видаляти вологу із зерна, не змінюючи його фізичних, фізіологічних та біохімічних властивостей. Нагрівання зерна відбувається за рахунок електроенергії. Температура нагрівання не перевищує 323 °К, що запобігає перегріванню зерна. Зерно під час дегідратації не підгорає і не розтріскується. Відсутнє забруднення зерна продуктами згорання палива. Відсутня потреба у придбанні і використанні рідкого або твердого палива, природного газу для нагрівання зерна. Термовакуумний метод дає змогу одночасно проводити дегідратацію і очищення зерна від легких домішок і комах та значно знижує час на підготовку зерна до тривалого зберігання. Термовакуумна дегідратація дає змогу здешевити і покращити якість отриманої продукції, знижує енерговитрати на одиницю висушеної продукції, сприяє

збереженню навколишнього природного середовища, зберігає біологічну цінність зерна, покращує умови праці персоналу, знижує питомі витрати умовного палива.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Nurhaslina C.R., Bacho S.A., Mustapa A.N. Review on drying methods. *Materials Today: Proceedings*. 2022. P. 27–28. DOI:10.1016/j.matpr.2022.02.052.

2. Станкевич А. В., Страхова Т. В., Антаназевич В. І. Сушіння зерна. К.: Либідь, 1997. 352 с.

3. Cold Plasma: A Potential Alternative for Rice Grain Postharvest / M.F.I. Mianal et al. *Treatment Management in Malaysia*. 2021. P. 67–74. DOI:10.1007/s00267-020-01365-7.

4. Ginzburg A. S. Calculation and design of drying plants of the food industry. М.: Agropromizdat, 1985. 336 p.

5. Do L. T. K., Vu L. T. K., Phan D. T. A. Mathematical modeling and optimization of low-temperature vacuum drying for banana. *Carpathian Journal of Food Science. Abstracts*. 2021. P. 202–203. DOI:10.34302/crpfst/2021.13.4.5.

6. Mathematical modeling on Vacuum drying of Olive Pomace / M.I. Maamar et al. *Trends in Sciences*. 2023. P. 186–188. DOI:10.48048/tis.2023.3822.

7. Obeid K. Al., Barr A. Energieeffektivisering av Scania's automationsindustri: En studie som syftar till att förbättra Scania's verktyg. MDC-EE och utfors for att eliminera icke vardegivande. 2022. 176 p. DOI:10.1016/j.cirp.2022.05.008.

8. Low-pressure conductive thin film drying of acai pulp / R da Silva Simão et al. *LWT*. 2022. 123 p. DOI:10.1016/j.lwt.2022.113695.

9. Intermittent high-power short-time microwave-vacuum treatment combined with steam impingement for effective microbial decontamination of black pepper (*Piper nigrum*) / P. Sharma et al. *Journal of Food Engineering*. 2023. Vol. 343. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2022.111373.

10. Harahap H. M. Penerapan Metode Pengeringan Vakuum Pada Teh Herbal dari Daun Gaharu (*Aquilaria mallacensis*). *Journal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 2022. P. 391–395. ISSN 2808-7712 (Online).

11. The virgin coconut oil (VCO) emulsion powder characteristics: effect of pickering emulsion with microcrystalline cellulose (MCC) and different drying techniques / B. Nurhadi et al. *Italian Journal of Food*. 2022. P. 41–46. DOI:10.15586/ijfs.v34i1.2111.

12. Tan C. H., Hii C. L., Borompichaichartku C. Valorization of fruits, vegetables and their by-products. *Drying Technology*. 2022. P. 317–319. DOI:10.1080/07373937.2022.2068570.

13. Susilo B., Rohim A., Filayati M. Vacuum drying as a natural preservation method of post-harvest lemon might accelerate drying duration and produce the high-quality of dried lemon slices. *Food Science and Technology*. 2022. P. 48–54. DOI:10.1590/fst.58722.

14. Impact of plasma irradiation on *Tribolium castaneum* / W.A.A. Sayed et al. *Journal of Pest Science*. 2021. P. 43–49. URL:https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-021-01360-9.

15. Bazyma L., Kutovoy V. Vacuum drying and hybrid technologies. *Stewart Postharvest Review*. 2005. 1. P. 1–4. DOI:10.2212/spr.2005.4.7.

16. Sharma P., Xiao H.W., Zhang Q., Sutar P.P. Intermittent high-power short-time microwave-vacuum treatment combined with steam impingement for effective microbial decontamination of black pepper. *Journal of Food Engineering. Abstract Black Pepper*. 2022. P. 875–879. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2022.111373.

REFERENCES

1. Nurhaslina, C. R., Bacho, S. A., Mustapa, A. N. (2022). Review on drying methods. *Materials Today: Proceedings*. pp. 27–28. DOI:10.1016/j.matpr.2022.02.052.

2. Stankevich, A. V., Strahova, T. V., Antanazevich, V. I. (1997). *The grain drying*. K.: Lybed, 352 p. (in Ukrainian).

3. Mianal, M. F. I., Redzuan, N., Zainal, M. N. F., Ahmad, N. (2021). Cold Plasma: A Potential Alternative for Rice Grain Postharvest. *Treatment Management in Malaysia*. pp. 67–74. DOI:10.1007/s00267-020-01365-7.

4. Ginzburg, A. S. (1985). *Calculation and design of drying plants of the food industry*. М.: Agropromizdat, 336 p.

5. Do, L. T. K., Vu, L. T. K., Phan, D. T. A. (2021). Mathematical modeling and optimization of low-temperature vacuum drying for banana. *Carpathian Journal of Food Science. Abstracts*. pp. 202–203. DOI:10.34302/crpfst/2021.13.4.5.

6. Maamar, M. I., Badraoui, M., Mazouzi, M., Mouakkir, L. (2023). Mathematical modeling on Vacuum drying of Olive Pomace. *Trends in Sciences*. pp. 186–188. DOI:10.48048/tis.2023.3822.

7. Obeid, K. Al., Barr, A. (2022). Energieeffektivisering av Scania's automationsindustri: En studie som syftar till att förbättra Scania's verktyg. MDC-EE och utfors for att eliminera icke vardegivande. 176 p. DOI:10.1016/j.cirp.2022.05.008.

8. Simão, R da Silva., Zhang, L., de Moraes, J. O., Schröder, A. (2022). Low-pressure conductive thin film drying of acai pulp. *LWT*. 123 p. DOI:10.1016/j.lwt.2022.113695.

9. Sharma, P., Xiao, H., Zhang, Qi., Sutar, P. P. (2023). Intermittent high-power short-time microwave-vacuum treatment combined with steam impingement for effective microbial decontamination of black pepper (*Piper nigrum*). *Journal of Food Engineering*, Vol. 343. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2022.111373.

10. Harahap, H. M. (2022). Penerapan Metode Pengeringan Vakuum Pada Teh Herbal dari Daun Gaharu (*Aquilaria mallacensis*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, pp. 391–395. ISSN 2808-7712 (Online).

11. Nurhadi, B., Selly, S., Nurhasanah, S., Saputra, R. A. (2022). The virgin coconut oil (VCO) emulsion powder characteristics: effect of pickering emulsion with microcrystalline cellulose (MCC) and different drying techniques. *Italian Journal of Food*, pp. 41–46. DOI:10.15586/ijfs.v34i1.2111.

12. Tan, C. H., Hii, C. L., Borompichaichartku, C. (2022). Valorization of fruits, vegetables and their by-products. *Drying Technology*. pp. 317–319. DOI:10.1080/07373937.2022.2068570.

13. Susilo, B., Rohim, A., Maj Filayati (2022) Vacuum drying as a natural preservation method of post-harvest lemon might accelerate drying duration and produce the high-quality of dried lemon slices. *Food Science and Technology*. pp. 48–54. DOI:10.1590/fst.58722.

14. Sayed, W. A. A., Hassan, R. S., Sileem, T. M., Rumpold, B. A. (2021). Impact of plasma irradiation on *Tribolium castaneum*. *Journal of Pest Science*, pp. 43–49. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-021-01360-9>.

15. Bazyma, L., Kutovoy, V. (2005). Vacuum drying and hybrid technologies. *Stewart Postharvest Review*, 1, pp. 1–4. DOI:10.2212/spr.2005.4.7.

16. Sharma, P., Xiao, H. W., Zhang, Q., Sutar, P. P. (2022). Intermittent high-power short-time microwave-vacuum treatment combined with steam impingement for effective microbial decontamination of black pepper. *Abstract Black Pepper. Journal of Food Engineering*, pp. 875–879. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2022.111373.

Technological aspects of the development of thermal vacuum installation for drying grain with simultaneous dehydration and disinsection

Kutovy V., Kutsan O.

The Ukraine is one of the largest producers of grain products. Its natural and climatic conditions are such that annually from 50 to 80 % of the harvested crop of grain crops is subject to drying and disinsection. Drying and simultaneous disinsection of grain are the

main technological operations for removing harmful moisture from grain material and freeing it from barn pests, which on a national scale makes it possible to avoid millions of losses. The article provides materials on the development of a highly efficient environmentally friendly installation and energy-saving technology of dehydration with simultaneous disinsection of wet grain, which makes it possible to dry grain in a short period of time to a moisture content of 12...14 % and destroy pests. A brief review discusses the main drying units, which are of the convective type and mainly use heated air. Their main positive and negative aspects of use are analyzed. An experimental model of the developed highly efficient environmentally friendly grain drying plant with physical and mathematical justification is presented. Thus, at the same time, such indicators as the speed of grain swirling (v_B) at different temperatures, the value of the centrifugal force of the grain (F) moving in the cavity of the heating element through a spiral channel were calculated. The instantaneous process of thermal energy transfer from the heater wall to the wet grain is substantiated. Thus, the surface element (dS) of a wet grain receives a flow of thermal energy (dQ) with a temperature (T) in a short period of time ($\Delta\tau$) with a heat transfer coefficient (a).

It has been experimentally proven that grain dehydration is affected by at least three parameters: the heating temperature, its humidity, and the pressure in the vacuum chamber. All parameters are interconnected and affect technological indicators. Thus, the use of thermovacuum technology is an alternative to traditional high-temperature methods of drying grain crops.

Key words: thermovacuum dehydration of grain, drying, disinsection.



Copyright: Кутовий В.О., Кудан О.Т. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Кутовий В.О.

Кудан О.Т.

<https://orcid.org/0009-0008-2705-4937>

<https://orcid.org/0000-0002-5898-3420>

ЕКОЛОГІЯ

УДК 574.38:556.55(477.75)

Радіоекологічний моніторинг накопичення ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмах риб деяких водойм лісостепу УкраїниСкиба В.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 E-mail: volly2005@ukr.net

Скиба В.В. Радіоекологічний моніторинг накопичення ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмах риб деяких водойм лісостепу України. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 2. С. 145–154.

Skyba V. Radioecological monitoring of ^{90}Sr and ^{137}Cs accumulation in fish organisms in certain water bodies of the forest-steppe zone of Ukraine. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 2. PP. 145–154.

Рукопис отримано: 04.09.2023 р.

Прийнято: 18.09.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-145-154

Метою дослідження було визначення закономірностей формування радіонуклідного забруднення представників іхтіофауни деяких водойм Лісостепу України та встановлення референсних на 2021 р. величин питомої активності ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмі риб.

З метою визначення рівнів радіонуклідного забруднення представників промислової іхтіофауни у 2021 р. на акваторіях Канівського водосховища на річці Дніпро, Косівського, Середнього Білоцерківського і Богуславського водосховищ на річці Рось та на незарегульованих ділянках річок Рось (вище м. Біла Церква) і Гнилий Тікич (с. Ставище) були відібрані наступні види риб – плітка звичайна – *Rutilus rutilus* L., плоскирка – *Bliccabjoerkna* L., лящ звичайний – *Abramis brama* L., карась сріблястий – *Carassius gibelio* (Bloch), верховодка – *Alburnus alburnus* sL.; щука – *Esox lucius* L. (мирні види); судак звичайний – *Stizostedion lucioperca* L.; окунь річковий європейсько-азіатський – *Perca fluviatilis fluviatilis* L. (хижі види).

Питому активність ^{90}Sr та ^{137}Cs визначали в організмі риб за допомогою загальноприйнятих радіохімічних та гамма-спектрометричних методів.

У 2021 р. середня питома активність ^{90}Sr у риб різних видів Канівського водосховища зареєстрована у діапазоні величин від 0,6 до 1,3, ^{137}Cs – від 2,4 до 13,2 Бк/кг. Середня питома активність ^{90}Sr у риб різних видів Косівського водосховища зареєстрована у діапазоні величин від 0,1 до 0,5, ^{137}Cs – від 0,2 до 2,1 Бк/кг, Середнього Білоцерківського – відповідно, від 0,2 до 0,8 та від 0,8 до 4,0, Богуславського – від 0,1 до 0,5 та від 0,5 (лящ) до 3,1 Бк/кг. Середній вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмі риб, які були виловлені на незарегульованих ділянках річок Рось та Гнилий Тікич, становив 0,1–0,5 та 0,5–2,0 Бк/кг, відповідно.

Питома активність ^{90}Sr у мирних та хижих риб більшості досліджених водойм суттєво не відрізнялася і можна відзначити лише тенденцію до формування вищих рівнів накопичення радіонукліда мирними видами. Водночас величини питомої активності ^{137}Cs хижих видів перевищували відповідні величини, що були зареєстровані у мирних риб.

Рівні радіонуклідного забруднення риб усіх досліджених водойм, крім Канівського водосховища, достовірно не відрізнялися. Підвищений, порівняно з іншими водоймами Лісостепу, вміст радіонуклідів у риб Канівського водосховища можна пояснити хронічним надходженням радіонуклідів з екосистеми Київського водосховища через греблю Київської ГЕС.

На період досліджень сумарна активність мирних риб водойм Лісостепу була сформована за 58–74 % ^{137}Cs , хижих видів – на 82–93 %.

На основі проведених досліджень визначено референтні та скринінгові на 2021 р. величини питомої активності радіонуклідів

для риб водойм Лісостепу. Для мирних риб величина референсної активності ^{90}Sr становить 1,0, скринінгової – 3,0, хижих риб – 0,5 та 2,0 Бк/кг, відповідно. Референсна на 2021 р. величина питомої активності ^{137}Cs в організмі мирних риб Канівського водосховища становить 3,2, скринінгова – 10,0, Косівського, Середнього Білоцерківського, Богуславського водосховищ та річок Рось і Гнилий Тікич – відповідно, 2,0 та 6,0 Бк/кг; хижих риб Канівського водосховища – відповідно, 12 та 36, Косівського, Середнього Білоцерківського, Богуславського водосховищ та річок Рось і Гнилий Тікич – відповідно, 3,0 та 10,0 Бк/кг.

Ключові слова: водойми Лісостепу, риби, радіонукліди.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Згідно з оцінюванням Організації Об'єднаних Націй, до середини поточного століття майже 7 млрд людей у 48 країнах відчуватимуть нестачу води, що на тлі змін клімату підвищує ризик війн за водні ресурси, згідно з дослідженнями Y. Yeganeh, E. Bakhshandeh, при цьому водні ресурси є причиною, фактором впливу, зброєю та реципієнтом негативних, часто катастрофічних впливів, викликаних війною С.О. Афанасьєв, J. K. Cooley. Тому не викликає сумніву, що будь-який військовий конфлікт щодо водних ресурсів несе значні загрози та ризики. Насамперед, це – загроза населенню, починаючи від затоплення населених пунктів при знищенні дамб і гребель, та закінчуючи недоступністю питної води належної якості.

Воєнні дії на території України, які розпочалися у 2014 р. і перейшли у повномасштабне вторгнення росії 24 лютого 2022 р., також чинять потужний і багатогранний вплив на водні ресурси та гідроекосистеми. Особливо, якщо вважати, що однією з вагомих причин російської агресії в Україні вважається намагання отримати доступ до дніпровської води з метою забезпечення окупованих територій Криму та Донбасу (С.О. Афанасьєв).

На сьогодні є багато свідчень про цілеспрямовані впливи воєнних дій на водні ресурси України (D. Bănăduc, S. Shevchuk, O. Shumilova), зокрема відокремлюють забруднення водних об'єктів (О. Афанасьєв). Відзначено, що забруднення, спричинені надходженнями до водойм нафтопродуктів, продуктів горіння, залишків токсичних вибухових речовин, ракетного палива, затоплення техніки, яке на сьогоднішні не піддається достовірному обліку, є джерелом хімічного забруднення пролонгованої дії, вплив якого може тривати протягом десятиліть (R.A. Francis). Дані державного моніторингу вже нині вказують на перевищення концентрації ртуті, міді, цинку, марганцю, літію. Перевищення вмісту нафто-

продуктів і ртуті до 8,5 раза відзначено у пунктах спостережень, де раніше вони взагалі не спостерігались, які відзначено у публічному звіті.

Окремою проблемою вважають перерозподіл донних наносів Дніпровських водосховищ, який виникає внаслідок атак на об'єкти гідроенергетики і може спровокувати вторинне радіоактивне забруднення, обумовлене неконтрольованим виносом радіонуклідів, які накопичилися у донних відкладах після аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 р. За даними Інституту гідробіології НАНУ, загальний запас ^{90}Sr та ^{137}Cs у Київському водосховищі становить, відповідно, 20 та 80 ТБк, згідно з дослідженнями В. Романенка. У випадку перерозподілу глибоководних відкладів Київського водосховища на мілководдя верхньої частини Канівського водосховища радіоекологічна ситуація в його екосистемі може значно погіршитися. Крім того, необхідно враховувати, що воєнні дії можуть призвести до радіаційного забруднення навколишнього середовища внаслідок руйнування підприємств ядерного паливного циклу та у випадку застосування ядерної зброї.

Отже, інформація щодо накопичення штучних радіоактивних елементів у компонентах водойм України за період, який передував початку воєнних дій, зокрема в організмі представників промислової іхтіофауни, набуває надзвичайної актуальності, оскільки такі дані можуть бути використані як вихідні (референсні) показники при виникненні ядерних інцидентів та аварій.

Після аварії на ЧАЕС виявилось, що у науковій літературі відсутні дані щодо рівнів вмісту радіонуклідів у біотичних компонентах більшості водойм України, які у 1986 р. були забруднені продуктами чорнобильського походження. Так, для оцінки ступеню впливу чорнобильського викиду на рівні накопичення ^{90}Sr та ^{137}Cs представниками промислової іхтіофауни усіх водойм України у якості

референсних використовували доаварійні величини їхнього вмісту у рибах Запорізького водосховища [2] та водойм південних регіонів України [4], які не перевищували 2,7 та 3,4 Бк/кг, відповідно.

Нині у наукових публікаціях широко представлені результати комплексних радіоекологічних досліджень за період 1986–2021 рр. та проаналізовані закономірності формування рівнів радіонуклідного забруднення риб з водойм зони відчуження, Дніпровських водосховищ та різнотипних водойм зони Полісся [5, 6, 9, 11, 12, 14, 16, 17, 21, 27, 29, 30]. Встановлено що у 2021 р. у іхтіофауні слабкопроточних та замкнених водойм зони відчуження вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs у десятки та сотні разів перевищував допустимі рівні [др-2006], а в окремих озерах спостерігалось зростання питомої активності ^{90}Sr в рибах. У деяких водоймах Полісся, які розташовані поза межами зони відчуження, зафіксовано перевищення допустимих рівнів вмісту ^{137}Cs [7, 23, 30].

Наслідки аварії на Чорнобильській АЕС для водних екосистем Лісостепу (крім Канівського водосховища) досліджувалися значно менше і обмежуються вибірковими даними 1999–1998 рр. про вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs у компонентах Косівського водосховища, р. Рось, рибоводних ставків м. Біла Церква та селах Верхівня і Кирдани, а також результатами радіоекологічних досліджень рибоводних ставків 2004–2010 рр. [21, 22].

Метою дослідження було визначення закономірностей формування радіонуклідного забруднення представників іхтіофауни окремих водойм Лісостепу та встановлення референсних на 2021 р. величин питомої активності ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмі риб.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження здійснювали з січня по вересень 2021 р. на акваторіях Канівського водосховища, Косівського, Середнього Білоцерківського і Богуславського водосховищ на р. Рось та на незарегульованих ділянках річок Рось (вище м. Біла Церква) і Гнилий Тікич (с. Ставище). У водній радіоекології представників прісноводної іхтіофауни за особливостями накопичення радіонуклідів прийнято поділяти на мирних, до яких належать бентофаги і планктофаги, та хижих, які постійно або періодично живляться рибами. Об'єктами досліджень були мирні види риб – плітка звичайна - *Rutilus rutilus* L., плоскирка – *Bliccabjoerkna* L., лящ звичайний – *Abramis brama* L., карась сріблястий – *Carassius gibelio* (Bloch), верховодка – *Alburnus alburnus* L.; хижі види – щука – *Esox lucius* L.; судак звичайний – *Stizostedion*

lucioerca L.; окунь річковий європейсько-азіатський – *Percfluviatilis fluviatilis* L.

Вміст радіонуклідів визначали в окремих екземплярах або об'єднаних пробах риб одного виду. Питому активність ^{90}Sr у зразках визначали оксалатним методом, ^{137}Cs – на УСК «Гамма Плюс» [13]. Питома активність радіонуклідів представлена у Бк/кг природної вологості. Щільність радіонуклідного забруднення площі водозбору досліджених водойм наведена за [1].

Результати дослідження та обговорення. Канівське водосховище та частина площі водозбору річок Рось та Гнилий Тікич розташовані на території «південного сліду» Чорнобильського викиду. Показник щільності забруднення територій, безпосередньо прилеглих до Канівського водосховища, у деяких випадках сягає 550, а в основному складає 40–100 кБк/м². Особливості формування радіонуклідного забруднення промислової іхтіофауни Канівського водосховища досліджували упродовж періоду 1986–2021 рр., що відображено у власних роботах [6, 18] та публікаціях інших авторів [8, 12, 40].

За нашими даними, у 2021 р. середня питома активність ^{90}Sr у риб різних видів Канівського водосховища зареєстрована у діапазоні величин від 0,6 (лящ) до 1,3 (карась), ^{137}Cs – від 2,4 (плітка) до 13,2 (щука) Бк/кг (рисунок 1).

Косівське водосховище розташоване на території, де щільність забруднення ^{137}Cs не перевищує 20 кБк/м², Середнє Білоцерківське – 40 кБк/м², тоді як щільність забруднення прибережних ділянок Богуславського водосховища сягає 185 кБк/м². Середня питома активність ^{90}Sr у риб різних видів Косівського водосховища зареєстрована у діапазоні величин від 0,1 (судак) до 0,5 (плоскирка), ^{137}Cs – від 0,2 (плоскирка) до 2,1 (окунь) Бк/кг, Середнього Білоцерківського – відповідно, від 0,2 (щука) до 0,8 (лящ) та від 0,8 (плітка) до 4,0, (окунь), Богуславського – від 0,1 (щука) до 0,5 (лящ) та від 0,5 (лящ) до 3,1 Бк/кг (щука).

Середній вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмі риб, які були виловлені на незарегульованих ділянках річок Рось та Гнилий Тікич, становив 0,1–0,5 та 0,5–2,0 Бк/кг, відповідно.

Аналіз даних щодо закономірностей накопичення радіонуклідів рибами різних типів живлення показав, що питома активність ^{90}Sr у мирних та хижих риб більшості досліджених водойм вагомо не відрізнялася і можна відзначити лише тенденцію до формування вищих рівнів накопичення радіонукліда мирними видами (рисунок 2). У той же час величини питомої активності ^{137}Cs хижих видів перевищували відповідні значення, що були зареєстровані

у мирних риб. Таке співвідношення величин питомої активності у мирних та хижих видів риб свідчить про рівноважний радіоекологічний стан у водних екосистемах.

Загалом можна відзначити, що рівні радіонуклідного забруднення риб усіх досліджених водойм, крім Канівського водосховища, суттєво не відрізнялися. Підвищений, порівняно з іншими водоймами Лісостепу, вміст радіонуклідів у риб Канівського водосховища можна пояснити хронічним надходженням радіонуклідів з екосистеми Київського водосховища через греблю Київської ГЕС.

Аналіз наведених у [Волкова та ін., 2023] результатів досліджень закономірностей фор-

мування радіонуклідного забруднення представників промислової іхтіофауни водойм Полісся свідчить про те, що у 2021 р. за умов приблизно однакової щільності забруднення площі водозбору питома активність радіонуклідів в організмі риб досліджених водойм Лісостепу була у декілька разів меншою, ніж у відповідних видах малих водосховищ зони Полісся, що можна пояснити підвищеною міграційною активністю радіонуклідів у ґрунтах Полісся [25 років,].

На період досліджень сумарна активність мирних риб водойм Лісостепу на 58–74 % була сформована ¹³⁷Cs, хижих видів – на 82–93 % (рис 3).

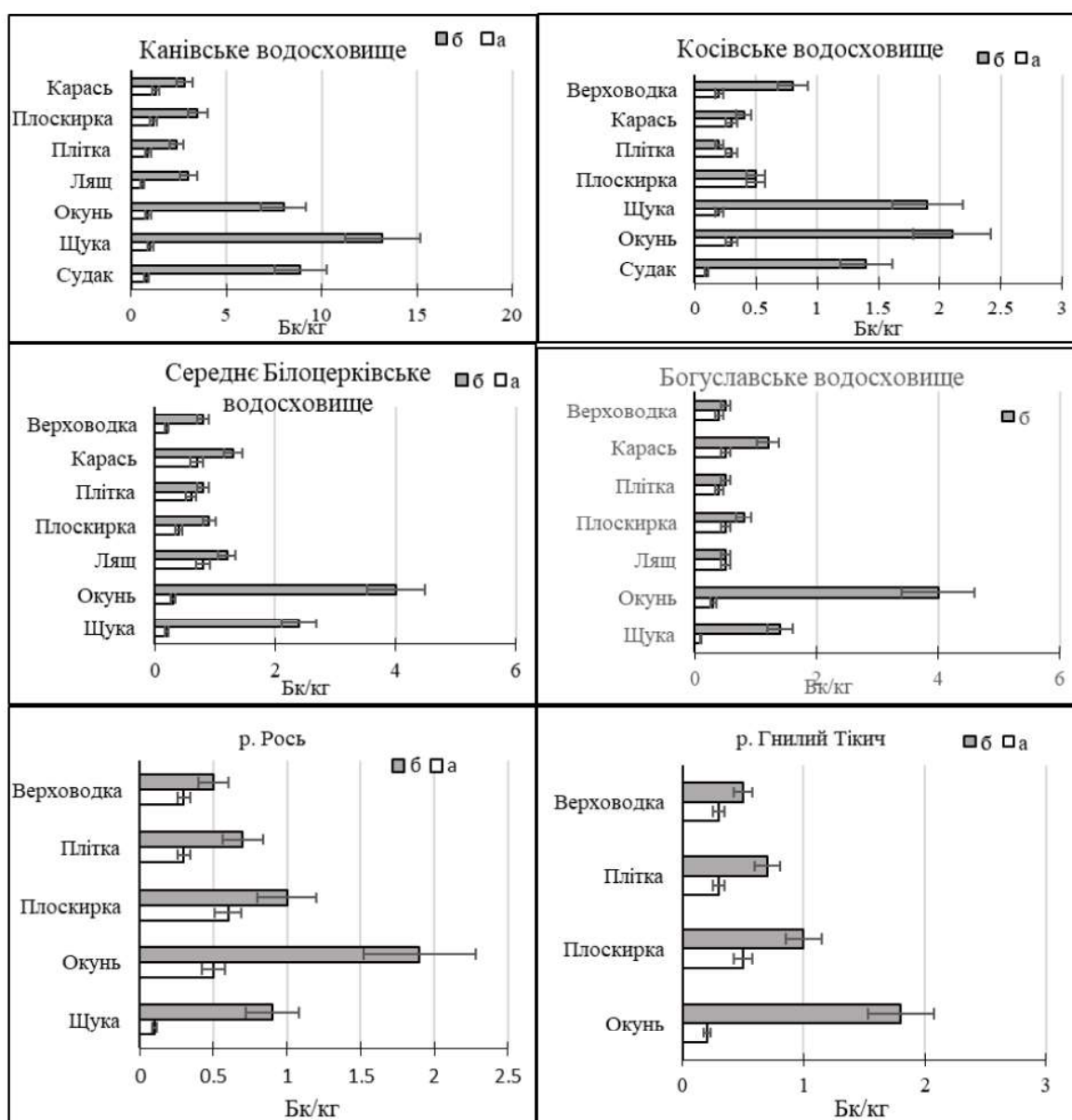


Рис. 1. Питома активність ⁹⁰Sr(a) та ¹³⁷Cs(б) в організмі риб водойм Лісостепу, 2021 р.

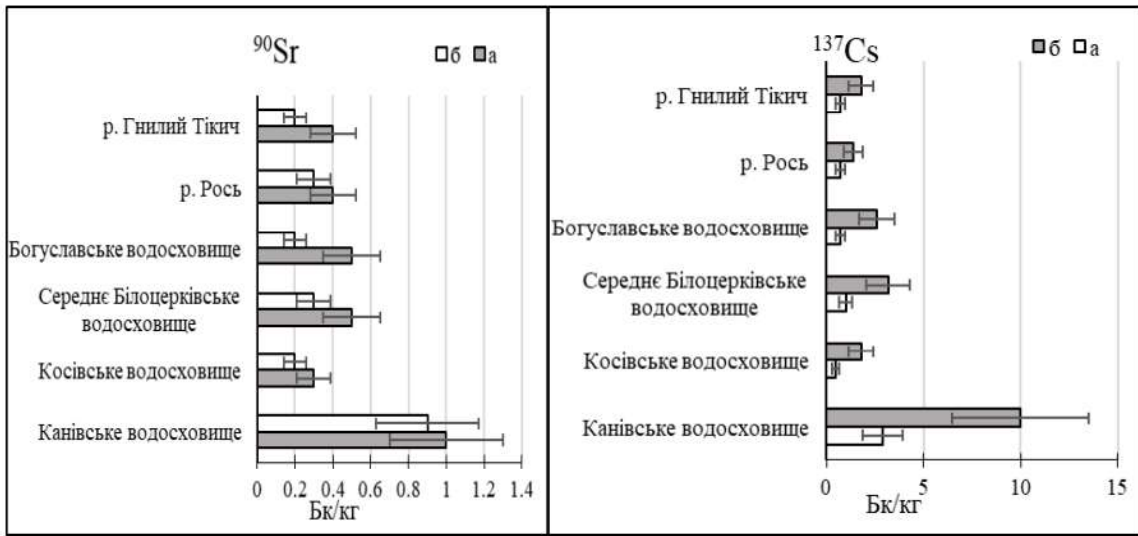


Рис. 2. Середня питома активність радіонуклідів в організмі мирних (а) та хижих (б) видів риб досліджених водойм, 2021 р.

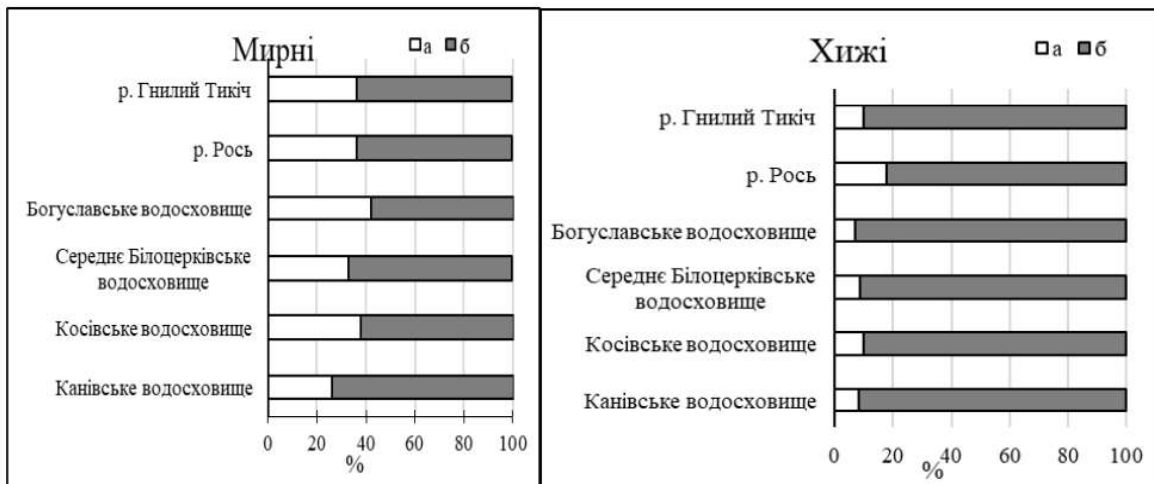


Рис. 3. Внесок ⁹⁰Sr (а) та ¹³⁷Cs (б) до сумарної активності риб водойм Лісостепу, 2021 р.

Референсні величини питомої активності радіонуклідів для представників промислової іхтіофауни кожної водойми визначали як середні за сукупністю даних щодо вмісту ⁹⁰Sr або ¹³⁷Cs в організмі усіх досліджених видів риб певного типу живлення. Оскільки у багатьох випадках коефіцієнт варіації питомої активності радіонукліда у певний трофічний групі риб був близьким до 50 %, ми дійшли висновку про необхідність визначення скринінгових величин питомої активності радіонуклідів у риб зазначених екологічних груп, тобто таких, які безперечно будуть свідчити про додаткове надходження радіонуклідів до екосистеми.

Отже, згідно з виконаними розрахунками, у якості референсної на 2021 р. величини питомої активності ⁹⁰Sr в організмі мирних риб досліджених водойм Лісостепу можна вважати 1,0, скринінгової – 3,0, хижих риб – 0,5 та 2,0 Бк/кг, відповідно. Референсна на 2021 р. величина питомої активності ¹³⁷Cs в організмі мирних риб Канівського водосховища становить 3,2, скринінгова – 10,0, Косівського, Середнього Білоцерківського, Богуславського водосховищ та річок Рось і Гнилий Тікич – відповідно, 2,0 та 6,0 Бк/кг; хижих риб Канівського водосховища – відповідно 12 та 36, Косівського, Середнього Білоцерківського, Богуславського водосховищ та річок Рось і Гнилий Тікич – відповідно, 3,0 та 10,0 Бк/кг.

Висновки. У 2021 р. середня питома активність ^{90}Sr у риб різних видів Канівського водосховища зареєстрована у діапазоні величин від 0,6 до 1,3, ^{137}Cs – від 2,4 до 13,2 Бк/кг. Середня питома активність ^{90}Sr у риб різних видів Косівського водосховища зареєстрована у діапазоні величин від 0,1 до 0,5, ^{137}Cs – від 0,2 до 2,1 Бк/кг, Середнього Білоцерківського – відповідно, від 0,2 до 0,8 та від 0,8 до 4,0, Богуславського – від 0,1 до 0,5 та від 0,5 (лящ) до 3,1 Бк/кг. Середній вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмі риб, які були виловлені на незарегульованих ділянках річок Рось та Гнилий Тікич, становив 0,1–0,5 та 0,5–2,0 Бк/кг, відповідно.

Питома активність ^{90}Sr у мирних та хижих риб більшості досліджених водойм статистично не відрізнялася. Відзначена тенденція до формування більших рівнів накопичення радіонукліда мирними видами. Водночас величини питомої активності ^{137}Cs хижих видів риб перевищували відповідні значення, що були зареєстровані у мирних.

Рівні радіонуклідного забруднення риб усіх досліджених водойм, крім Канівського водосховища, статистично не відрізнялися. Підвищений, порівняно з іншими водоймами Лісостепу, вміст радіонуклідів у риб Канівського водосховища обумовлений постійним надходженням радіонуклідів з екосистеми Київського водосховища через греблю Київської ГЕС.

Сумарна активність мирних риб водойм Лісостепу була сформована на 58–74 % ^{137}Cs , хижих видів – на 82–93 %.

Для мирних риб досліджених водойм Лісостепу величина референсної активності ^{90}Sr становить 1,0, скринінгової – 3,0, хижих риб – 0,5 та 2,0 Бк/кг, відповідно. Референсна на 2021 р. величина питомої активності ^{137}Cs в організмі мирних риб Канівського водосховища становить 3,2, скринінгова – 10,0, Косівського, Середнього Білоцерківського, Богуславського водосховищ та річок Рось і Гнилий Тікич – відповідно, 2,0 та 6,0 Бк/кг; хижих риб Канівського водосховища – відповідно, 12 та 36, Косівського, Середнього Білоцерківського, Богуславського водосховищ та річок Рось і Гнилий Тікич – відповідно, 3,0 та 10,0 Бк/кг.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього: Нац. доповідь України. Київ: КІМ, 2011. 356 с.
2. Антоненко Т.М. Радіоекологічне дослідження накопичення, розподілу та міграції цезію-137 у водоймах степової зони України: автореф. дис. ... канд. біол. наук. Севастополь, 1978. 28 с.
3. Афанасьєв С. О. Вплив війни на гідроекосистеми України: підсумки першого року повномасш-

табного вторгнення росії (огляд). Гідробіол. журн. 2023. Т. 59. № 2. С. 3–19.

4. Вінцукевич Н.В., Томілін Ю.О. Розподіл радіонуклідів у водній екосистемі (ставок-охолоджувач АЕС — річка — морський лиман). Екологія. 1987. № 6. С. 71–74.

5. Волкова О.М. Накопичення радіонуклідів промисловими видами риб Дніпровських водосховищ: автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ: Ін-т проблем онкології ім. Р.Е. Кавецького АН УРСР, 1990. 16 с.

6. Волкова О.М., Беляєв В.В., Зарубін О.Л., Гудков Д.І. Параметри зниження удельної активності ^{137}Cs у гідробіонтів, які мешкають у водоймах різного типу. Радіаційна біологія. Радіоекологія. 2009. Т. 49. № 2. С. 207–211.

7. Волкова О.М., Беляєв В.В., Пришляк С.П., Гудков Д.І., Каглян О.Є., Скиба В.В. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм півночі України. Гідробіол. журн. 2023. Т. 59. № 6. С. 100–119.

8. Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу: автореф. дис. ... д-р біол. наук. Київ, 2008. 34 с.

9. Сучасний радіоекологічний стан Дніпровського водосховища / А.І. Дворецький та ін. VI з'їзд Радіобіологічного Товариства України: тези доповідей. 5-9 жовтня 2015 р., м. Київ. К., 2015. С. 45–46.

10. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. (ДР-2006). Київ, 2006. 13 с.

11. Удельна активність ^{137}Cs у риб України. Сучасний стан / О.Л. Зарубін та ін. Ядерна фізика та енергетика. 2013. Т. 14. № 2. С. 177–182.

12. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / М.І. Кузьменко та ін. Київ: Наук. думка, 2010. 262 с.

13. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. НАН України. Ін-т гідробіології. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.

14. Павлюченко В.В., Хомутинин Ю.В., Кашпаров В.А., Кузьменко О.В. Прогноз динаміки та ризику перевищення допустимого вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr у рибі Київського водосховища на пізній стадії Чорнобильської аварії. Радіаційна біологія. Радіоекологія. 2013. Т. 53. № 4. С. 411–427. DOI:10.7868/S0869803113040103

15. Публічний звіт про результати діяльності Держводагенства у 2022 році. URL: [https:// www.davr.gov.ua/fls18/Zvit_2022.pdf](https://www.davr.gov.ua/fls18/Zvit_2022.pdf)

16. Радіонукліди у водних екосистемах України / М.І. Кузьменко та ін. К.: Чорнобиль інтерінформ, 2001. 318 с.

17. Радіоактивне та хімічне забруднення Дніпра та його водосховищ після аварії на Чорнобильській АЕС / В.Д. Романенко та ін. Київ: Наукова думка, 1992. 194 с.

18. Скиба В.В., Присяжнюк Н.М., Волкова О.М., Беляєв В.В., Пришляк С.П. Багаторічна динаміка формування радіонуклідного забруднення промислової іхтіофауни Канівського водосховища.

Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». 2021. № 1. С. 108–115

19. Скиба В. В. "Оцінка міграції ^{137}Cs і ^{90}Sr у водних екосистемах рибоводних ставків на радіоактивно забруднених територіях лісостепу. Житомирський національний агроєкологічний університет. 2010. С. 15–21.

20. Урядовий кур'єр 2 липня 2022. URL:<https://ukurier.gov.ua/uk/articles/dnipro-nash-rubizh-i-rubikon/>.

21. Хомутинін Ю.В. Оцінка радіоекологічної безпеки прісноводних водойм України пізній стадії аварії на ЧАЕС. Ядерна фізика та енергетика. 2014. № 4. С. 389–401.

22. Freshwater as a sustainable resource and generator of secondary resources in the 21st century: Stressors, threats, risks, management and protection strategies, and conservation approaches / D. Bănăduc et al. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health*. 2022. Vol. 19. DOI:10.3390/ijerph192416570.

23. Belyayev V.V., Volkova Y.N., Skiba V.V. Determination of the rate of ^{90}Sr and ^{137}Cs influx into the organism of freshwater fishes. *Hydrobiological Journal*. 2011. 47. 6. P. 112–20.

24. Modelling of the fate of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Chernobyl nuclear power plant cooling pond before and after the water level drawdown / R. Bezhenar et al. *Water*. 2023. Vol. 15. No 8. 1504 p.

25. Cooley J.K. The War over Water. *Foreign Policy*. 1984. Vol. 54. P. 3–26. DOI:10.2307/1148352.

26. Francis R.A. The Impacts of Modern Warfare on Freshwater Ecosystems. *Environ. Manag.* 2011. Vol. 48. P. 985–999.

27. The main radionuclides and dose formation in fish of the Chernobyl NPP exclusion zone / D.I. Gudkov et al. *Radiatsionnaia biologiiia, radioecologia*. 2008. Vol. 48. No 1. P. 48–58.

28. Dynamics of the content and distribution of the main dose forming radionuclides in fishes of the exclusion zone of the Chernobyl NPS. *Hydrobiol / D.I. Gudkov et al. J.* 2008. Vol. 44. No 5. P. 87–104.

29. Fish of the Chernobyl exclusion zone: Modern levels of radionuclide contamination and radiation doses / A.Ye. Kaglyan et al. *Ibid.* 2019. Vol. 55. No 5. P. 86–104.

30. Dynamics of specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in representatives of ichthyofauna of Chernobyl exclusion zone / A.Ye. Kaglyan et al. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. 2021. Vol. 22. No 1. P. 62–73.

31. Changes in radiation exposure rate of fish of the cooling pond of the Chernobyl NPS and Lake Azbuchyn after water level lowering / O.Ye. Kaglyan et al. *Hydrobiol. J.* 2023. Vol. 59. No 2. P. 96–109.

32. Hydroecological lessons of the disaster at the Chernobyl nuclear power plant. *Hydrobiol / V.D. Romanenko et al. J.* 2006. Vol. 42. No 6. P. 3–34.

33. Romanenko V.D., Gudkov D.I., Volkova Ye.N., Kuzmenko M.I. Radioecological problems of aquatic ecosystems: 25 years after the accident at the Chernobyl nuclear power station. *Ibid.* 2011. Vol. 47. No 4. P. 3–23.

34. Shevchuk S.A., Vyshnevskiy V.I., Bilous O.P. The use of remote sensing data for investigation of environmental consequences of Russia-Ukraine war. *J. Landscape Ecology*. 2022. Vol. 15. No 3. P. 36–53.

35. Impact of the Russia-Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure / O. Shumilova et al. *Nature Sustainability*. 2023. DOI:10.1038/s41893-023-01068-x

36. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine. A Preliminary Review / United Nations Environment Program. Job number: EO/2466/NA 2022. 45 p. URL:https://we-ocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40746/environmental_impact_Ukraine_conflict.pdf?sequence=3&isAllowed=y

37. Volkova O., Belyaev V., Pryshlyak S., Skyba V. Parameters of ^{137}Cs specific activity changes in the fish from the Kiev water reservoir: international conference on radiation in various fields of research (rad 2021) 14–18.06.2021. DOI:10.21175/rad.abstr.book.2021.34.2

38. Yeganeh Y., Bakhshandeh E. Iran's Model of Water Diplomacy to Promote Cooperation and Prevent Conflict Over Transboundary Rivers in Southwest Asia. *World Affairs*. 2022. Vol. 185. No 2. P. 331–358.

39. Dynamics of ^{137}Cs distribution over the organs and tissues of fishes of various ecological groups in the cooling pond of the Chernobyl nuclear power station / O.L. Zarubin et al. *Hydrobiol. J.* 2012. Vol. 48. No 3. P. 99–105.

40. Technogenic radionuclides in freshwater fishes of Ukraine after the accident at the Chernobyl nuclear power plant / O.L. Zarubin et al. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. 2011. Vol. 12, N 2. P. 192–197.

41. Dynamics of ^{137}Cs specific activity in fishes differing in the type of their nutrition in the cooling pond of the Chernobyl NPS (1986-2013) / O.L. Zarubin et al. *Ibid.* 2014. Vol. 50. No 3. P. 95–106.

REFERENCES

1. 25 rokiv Chornobyl's'koyi katastrofi [25 years of the Chernobyl disaster]. Bezpeka maibutn'ogo: Nats. dopovid' Ukrayiny. [Safety of the future: National report of Ukraine]. Kyiv: KIM, 2011, 356 p.

2. Antonenko, T.M. (1978). Radioekologichne doslidzhennya nakopychennya, rozpodilu ta migratsiyi tsesiyu-137 u vodoymakh stepovoyi zony Ukrayiny: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. [Radioecological study of accumulation, distribution, and migration of cesium-137 in water bodies of the steppe zone of Ukraine: author's abstract of the thesis of the Candidate of Biological Sciences]ю Sevastopol, 28 p.

3. Afanasyev, S.O. (2023). Vplyv viyny na hidroekosystemy Ukrayiny: pidsumki pershoho roku povnomashtabnoho vtorgnennya Rosiyi (ohlyad) [The impact of war on hydroecosystems of Ukraine: results of the first year of full-scale Russian invasion (review)]. *Hydrobiological Journal*, Vol. 59, no. 2, pp. 3–19.

4. Vintsukevych, N.V., Tomilin, Yu.O. (1987). Rozpodil radionuklidiv u vodnii ekosystemi (stavok-okholodzhuvach AES — richka — morskyyi lyman) [Distribution of radionuclides in the aquatic ecosystem (reservoir-cooler of NPP - river - marine estuary)]. *Ekolohiya [Ecology]*, no. 6, pp. 71–74.

5. Volkova, O.M. (1990). Nakopychennya radionuklidiv promyslovykh vydamy ryb Dniprovskykh vodoshkovyshch: avtoref. dys. ... kand. biol. nauk [Accumulation of radionuclides by industrial species of fish in the Dnieper reservoirs: author's abstract of the thesis of the Candidate of Biological Sciences]. Kyiv: Institute of Problems of Oncology named after RE. Kavetsky Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 16 p.
6. Volkova, O.M., Belyaev, V.V., Zarubin, O.L., Gudkov, D.I. (2009). Parametry znyzhennya udelnoyi aktyvnosti ^{137}Cs u hidrobiontiv, yaki meshkayut u vodoymakh riznoho typu [Parameters of reduction of specific activity of ^{137}Cs in hydrobionts inhabiting water bodies of different types]. Radiatsiyana biolohiya [Radiation Biology]. Radioekolohiya [Radioecology], Vol. 49, no. 2, pp. 207–211.
7. Volkova, O.M., Belyaev, V.V., Pryshlyak, S.P., Gudkov, D.I., Kaglyan, O.Ye., Skyba, V.V. (2023). Tekhnohenni radionuklidy u hidrobiontakh vodoym pivnichy Ukrainy [Technogenic radionuclides in hydrobionts of water bodies in northern Ukraine]. Hidrobiol. Zhurn. [Hydrobiological Journal], Vol. 59, no. 6, pp. 100–119.
8. Volkova, O.M. (2008). Tekhnohenni radionuklidy u hidrobiontakh vodoym riznoho typu: Avtoref. dys. ... dokt. biol. nauk [Technogenic radionuclides in hydrobionts of water bodies of different types: author's abstract. ... doctoral thesis in biological sciences]. Kyiv, 34 p.
9. Dvoretzkyi, A.I., Bilokon, H.S., Marenkov, O.M. (2015). Suchasnyy radioekolohichnyy stan Dniprovskoho vodoshkovyshcha: VI z'izd Radiobiolohichnoho Tovarystva Ukrainy: tezy dopovidey [Current radioecological state of the Dnieper Reservoir: VI Congress of the Radiobiological Society of Ukraine: abstracts of reports october 5-9, 2015]. Kyiv, pp. 45–46.
10. Derzhavni hihiyenichni normatyvy [State hygiene standards]. Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ^{137}Cs i ^{90}Sr u produktakh kharchuvannya ta pitnyi vodi (DR-2006) [Permissible levels of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in food products and drinking water (DR-2006)]. Kyiv, 2006, 13 p.
11. Zarubin, O.L., Zarubina, N.Ye., Gudkov, D.I. (2013). Udelna aktyvnist ^{137}Cs u ryb Ukrainy [Specific activity of ^{137}Cs in fish of Ukraine]. Suchasnyy stan [Current state]. Yaderna fizyka ta enerhetyka [Nuclear Physics and Energy]. Vol. 14, no. 2, pp. 177–182.
12. Kuzmenko, M.I., Gudkov, D.I., Kirriev, S.I. (2010). Tekhnohenni radionuklidy u presnovodnykh ekosystemakh [Technogenic radionuclides in freshwater ecosystems]. Kyiv: Scientific opinion, 262 p.
13. Metody hidroekolohichnykh doslidzhen povierkhnovykh vod, ed. by V.D. Romanenko. NAN Ukrainy [Methods of hydroecological studies of surface waters, ed. by V.D. Romanenko. NAS of Ukraine]. Instytut hidrobiolohii [Institute of Hydrobiology]. Kyiv: LOGOS, 2006, 408 p.
14. Pavlyuchenko, V.V., Khomutinin, Yu.V., Kashparov, V.A., Kuzmenko, O.V. (2013). Prohnoz dynamiky ta ryzyku perevyshennya dopustymoho vmistu ^{137}Cs ta ^{90}Sr u rybi Kyivskoho vodoshkovyshcha na poznyy stadiyi Chornobylskoyi avari [Forecast of dynamics and risk of exceeding permissible levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr in fish of the Kyiv Reservoir at the late stage of the Chernobyl accident]. Radiatsiyana biolohiya [Radiation Biology]. Radioekolohiya [Radioecology]. Vol. 53, no. 4, pp. 411–427. DOI:10.7868/S0869803113040103
15. Publichnyy zvit pro rezultaty diyalnosti Derzhvodahentstva u 2022 rotsi [Public report on the results of the State Water Agency's activities in 2022]. Available at: https://www.davr.gov.ua/fls18/Zvit_2022.pdf
16. Kuzmenko, M.I., Romanenko, V.D., Derzets, V.V. (2001). Radionuklidy u vodnykh ekosystemakh Ukrainy [Radionuclides in water ecosystems of Ukraine]. Kyiv: Chernobyl Interinform, 318 p.
17. Romanenko, V.D., Kuzmenko, M.I., Yevtushenko, N.Yu. (1992). Radioaktyvne ta khimichne zabrudnennya Dnipra ta yoho vodoshkovyshch pislia avarii na Chornobylskii AES [Radioactive and chemical pollution of the Dnieper and its reservoirs after the Chernobyl NPP accident]. Kyiv: Scientific opinion, 194 p.
18. Skyba, V.V., Prysaiynuk, N.M., Volkova, O.M., Belyaev, V.V., Pryshlyak, S.P. (2021). Bahatorichna dynamika formuvannia radionuklidnoho zabrudnennia promyslovoi ikhtiofauny Kanivskoho vodoshkovyshcha [Multi-year dynamics of formation of radionuclide contamination of industrial ichthyofauna of the Kaniv Reservoir]. Zbirnyk naukovykh prats "Tekhnolohiya vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynnytstva" [Collection of scientific papers "Technology of production and processing of livestock products"], no. 1, pp. 108–115.
19. Skyba, V. V. (2010). Ocinka migracii' ^{137}Cs i ^{90}Sr u vodnykh ekosystemah rybovodnykh stavkiv na radioaktyvno zabrudnennykh terytorijah lisostepu [Evaluation of the migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in aquatic ecosystems of fish ponds in radioactively contaminated areas of the forest-steppe]. Zhytomyr's'kyj nacional'nyj agroekolohichnyj universytet [Zhytomyr National Agroecological University]. pp. 15–21.
20. Government Courier July 2, 2022. Available at: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/dnipro-nash-rubizh-i-rubikon/>
21. Homutinin, Ju.V. (2014). Ocinka radioekolohichnoi' bezpeky prisnovodnykh vodojm Ukrai'ny piznij stadii' avarii' na ChAES [Evaluation of the radioecological safety of freshwater bodies of Ukraine in the late stage of the accident at the Chernobyl nuclear power plant]. Jaderna fizyka ta enerhetyka [Nuclear physics and energy]. 15, no. 4, pp. 389–401.
22. Bănăduc, D., Simiă, V., Cianfaglione, K. (2022). Freshwater as a sustainable resource and generator of secondary resources in the 21st century: Stressors, threats, risks, management and protection strategies, and conservation approaches. Int. J. Environ. Res. Publ. Health., Vol. 19. DOI: 10.3390/ijerph192416570.
23. Belyaev, V.V., Volkova, Y.N., Skiba, V.V. (2011). Determination of the rate of ^{90}Sr and ^{137}Cs influx into the organism of freshwater fishes. Hydrobiological Journal, 47, 6, pp. 112–120.
24. Bezhenar, R., Zheleznyak, M., Kanivets, V. (2023). Modelling of the fate of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the

- Chornobyl nuclear power plant cooling pond before and after the water level drawdown. *Water*. Vol. 15, no. 8, 1504 p.
25. Cooley, J.K. (1984). The War over Water. *Foreign Policy*. Vol. 54, pp. 3–26. DOI:10.2307/1148352.
26. Francis, R.A. (2011). The Impacts of Modern Warfare on Freshwater Ecosystems. *Environ.Manag.* Vol. 48, pp. 985–999.
27. Gudkov, D.I., Kaglyan, A.E., Kireev, S.I. (2008). The main radionuclides and dose formation in fish of the Chernobyl NPP exclusion zone. *Radiatsionnaia biologiiia, radioecologiia*. Vol. 48, no. 1, pp. 48–58.
28. Gudkov, D.I., Kaglyan, A.Ye., Nazarov, A.B. (2008). Dynamics of the content and distribution of the main dose forming radionuclides in fishes of the exclusion zone of the Chernobyl NPS. *Hydrobiol. J.*, Vol. 44, no. 5, pp. 87–104.
29. Kaglyan, A.Ye., Gudkov, D.I., Kireyev, S.I. (2019). Fish of the Chernobyl exclusion zone: Modern levels of radionuclide contamination and radiation doses. *Ibid.* Vol. 55, no. 5, pp. 86–104.
30. Kaglyan, A.Ye., Gudkov, D.I., Kireev, S.I. (2021). Dynamics of specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in representatives of ichthyofauna of Chornobyl exclusion zone. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. Vol. 22, no. 1, pp. 62–73.
31. Kaglyan, O.Ye., Gudkov, D.I., Belyaev, V.V. (2023). Changes in radiation exposure rate of fish of the cooling pond of the Chornobyl NPS and Lake Azburchyn after water level lowering. *Hydrobiol. J.*, Vol. 59, no. 2, pp. 96–109.
32. Romanenko, V.D., Gudkov, D.I., Klenus, V.G. (2006). Hydroecological lessons of the disaster at the Chernobyl nuclear power plant. *Hydrobiol. J.*, Vol. 42, no. 6, pp. 3–34.
33. Romanenko, V.D., Gudkov, D.I., Volkova, Ye.N., Kuzmenko, M.I. (2011). Radioecological problems of aquatic ecosystems: 25 years after the accident at the Chernobyl nuclear power station. *Ibid.* Vol. 47, no. 4, pp. 3–23.
34. Shevchuk, S.A., Vyshnevskiy, V. I., Bilous, O.P. (2022). The use of remote sensing data for investigation of environmental consequences of Russia-Ukraine war. *J. Landscape Ecology*, Vol. 15, no. 3, pp. 36–53.
35. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A. (2023). Impact of the Russia-Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*. DOI:10.1038/s41893-023-01068-x
36. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine. A Preliminary Review /United Nations Environment Program. Job number: EO/2466/NA. 2022, 45 p. Available at: https://we-ocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40746/environmental_impact_Ukraine_conflict.pdf?sequence=3&isAllowed=y
37. Volkova, O., Belyaev, V., Pryshlyak, S., Skyba, V. (2021). Parameters of ^{137}Cs specific activity changes in the fish from the Kiev water reservoir: international conference on radiation in various fields of research (rad 2021) 14–18.06.2021. DOI:10.21175/rad.abstr.book.2021.34.2
38. Yeganeh, Y., Bakhshandeh, E. (2022). Iran's Model of Water Diplomacy to Promote Cooperation and Prevent Conflict Over Transboundary Rivers in Southwest Asia. *World Affairs*. Vol. 185, no. 2, pp. 331–358.
39. Zarubin, O.L., Kostyuk, V.A., Zalisskiy, A.A. (2012). Dynamics of ^{137}Cs distribution over the organs and tissues of fishes of various ecological groups in the cooling pond of the Chernobyl nuclear power station. *Hydrobiol. J.*, Vol. 48, no. 3, pp. 99–105.
40. Zarubin, O.L., Laktionov, V.A., Moshna, B.O. (2011). Technogenic radionuclides in freshwater fishes of Ukraine after the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. Vol. 12, no. 2, pp. 192–197.
41. Zarubin, O.L., Zarubina, N.Ye., Zalisskiy, A.A. (2014). Dynamics of ^{137}Cs specific activity in fishes differing in the type of their nutrition in the cooling pond of the Chernobyl NPS (1986–2013). *Ibid.* Vol. 50, no. 3, pp. 95–106.

Radioecological monitoring of ^{90}Sr and ^{137}Cs accumulation in fish organisms in certain water bodies of the forest-steppe zone of Ukraine

Skyba V.

The study aims to determine the radionuclide contamination patterns in ichthyofauna representatives of some Forest Steppe of Ukraine water bodies and to establish reference values for the specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the fish body as of 2021.

To determine the radionuclide pollution levels in the industrial ichthyofauna representatives in the water areas of the Kaniv Reservoir, the Kosivskiy, the Bila Tserkva Middle, and the Bohuslav Reservoirs on the Ros River and in the unregulated sections of the Ros River (above the city of Bila Tserkva) and Hnylii Tikych (the village of Stavyshe) as of 2021, the following fish species were selected: red snapper - *Rutilus rutilus* L., flatfish - *Blissa bjoerkna* L., common bream - *Abramis brama* L., silver crucian carp - *Carassius gibelio* (Bloch), bream - *Alburnus alburnus alburnus* L.; pike - *Esox lucius* L. (peaceful species); pike perch - *Stizostedion lucioperca* L.; European-Asian river perch - *Perca fluviatilis fluviatilis* L. (predatory species).

The specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs was determined in the entire fish body by generally accepted radiochemical and gamma spectrometric methods.

In 2021, the registered average specific activity of ^{90}Sr in fish of various species of the Kaniv Reservoir ranged from 0.6 to 1.3; ^{137}Cs - from 2.4 to 13.2 Bq/kg. The average specific activity of ^{90}Sr in fish of different species of the Kosiv Reservoir ranged from 0.1 to 0.5, that of ^{137}Cs - from 0.2 to 2.1 Bq/kg, Bila Tserkva Middle ranged, respectively, from 0.2 to 0.8 and from 0.8 to 4.0, Bohuslav - from 0.1 to 0.5 and from 0.5 (bream) to 3.1 Bq/kg. The average content of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the body of fish fished in unregulated sections of the Ros and Hnylii Tikych rivers was 0.1–0.5 and 0.5–2.0 Bq/kg, respectively.

The specific activity of ^{90}Sr in peaceful and predatory fish of most of the studied reservoirs probably did not differ, and we can note only the tendency to the formation of higher levels of accumulation of the

radionuclide by peaceful species. However, the values of the specific activity of ^{137}Cs of predatory species exceeded the corresponding values that were registered in peaceful fish.

The levels of fish radionuclide contamination in all the studied reservoirs, except for the Kaniv Reservoir, did not differ reliably. The increased content of radionuclides in the Kaniv Reservoir fish compared to other reservoirs of the Forest Steppe can be explained by the constant influx of radionuclides from the ecosystem of the Kyiv Reservoir through the Kyiv HPP dam.

During the research period, 58–74% of the total activity of peaceful fish in forest-steppe reservoirs was formed by ^{137}Cs , that of predatory species made 82–93%.

The research results made it possible to determine reference and screening values in the specif-

ic activity of radionuclides in the fish of the forest-steppe reservoirs as of 2021. For peaceful fish, the value of the reference ^{90}Sr activity in the studied reservoirs of the Forest Steppe is 1.0, the screening activity - 3.0, predatory fish - 0.5 and 2.0 Bq/kg, respectively. For 2021, the reference value of the specific activity of ^{137}Cs in the body of peaceful fish of the Kaniv Reservoir makes 3.2, the screening value - 10.0, the Kosiv, Bila Tserkva Middle, Bohuslav reservoirs, the Ros and Hnylii Tikych rivers are 2.0 and 6.0 Bq/kg, respectively; that of predatory fish of the Kaniv Reservoir - 12 and 36, respectively, Kosiv, Bila Tserkva Middle, Bohuslav Reservoirs, the Ros and Hnylii Tikych rivers - 3.0 and 10.0 Bq/kg, respectively.

Key words: water bodies of the Forest Steppe, fish, radionuclides.



Copyright: Скиба В.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:
Скиба В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3605-1147>

Наукове видання

**Технологія виробництва
і переробки продукції тваринництва**

Збірник наукових праць

№ 2 (182) 2023

*Редактор – Славінська О.В.
Комп'ютерне верстання: В.С. Мельник*

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

КВ.№15169-3741Р від 03.03.2009 р. №1-05/1

Формат 60¹/₈. Ум.др.арк.18,0. Тираж 300.

Підписано до друку 23.11.2023 р.

Видавець і виготовлювач:

Білоцерківський національний аграрний університет,

09117, Біла Церква, Соборна площа, 8/1, тел. 33-11-01,

e-mail: redakciaviddil@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 3984 від 17.02.2011 р.