ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Збірник наукових праць

№ 1 (186) 2024

УДК 636/639(062.552):378.4(477.41)БНАУ
Т 38

Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва = Animal Husbandry Products Production and Processing : збірник наукових праць. № 1 (186) 2024. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2024. 151 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 № 4 від 24.05.2024 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, Словакія
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
Зелінська В.А., асистент, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Кацаньова М., д-р філософії, проф., Словацький аграрний університет, Нітра, Словакія
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, Пловдів, Болгарія
Попова Т., д-р філософії, проф., Інститут тваринництва, Костинброд, Болгарія
Соболєв 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
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
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
Zelinska V.A., assistant, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

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

© БНАУ, 2024

ЗМІСТ

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Портянник С. В. Оцінювання ризику забруднення важкими металами кормів та органічних відходів тваринництва 6

Крук О.П., Угнівенко А.М. Забійні і м'ясні якості чистопородних і помісних бугайців української чорно-рябої молочної породи..... 18

Міщенко О. А., Литвиненко О. М., Боднарчук Г. Л., Романенко Л. І., Афара К. Д., Криворучко Д.І. Технологічні прийоми обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток в умовах медозбору..... 26

Компанець І. О. Довголіття корів молочної худоби, залежно від віку першого отелення.. 34

Бабенко С.П. Бомко В.С. Кузьменко О.А. Чернявський О.О. Титарьова О.М. Сломчинський М.М. Недашківський В.М. Соболєва С.В. Ефективність застосування ферментного препарату Hemicell® HT за вирощування молодняку гусенят..... 42

Вощенко І. Б., Повод М. Г. Вплив розміру свиноферми на реалізацію відтворювальних якостей свиноматок данської селекції..... 51

Ладика В.І. Малікова А.І. Скляренко Ю.І. Павленко Ю.М. Дослідження поліморфізму гена капа-казеїну в популяцій великої рогатої худоби, створених на материнській основі лебединської породи..... 64

Фесенко В.Ф., Каркач П.М., Машкін Ю.О., Кузьменко П.І. Теоретичні аспекти інноваційних технологій у свинарстві..... 71

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Харчишин В.М., Мельниченко Ю.О., Тимошок Н.О. Вплив використання біокон'югатів наноселену разом з пробіотиками на метаболічні показники організму перепелів..... 81

Главатчук В. А., Огороднічук Г. М. Вплив целюлозолітичного препарату на продуктивні якості равликів виду *Helix Aspersa Maxima*..... 89

Цехмістренко О. С. Властивості наночастинок срібла та міді, отриманих методами «зеленої» хімії..... 97

Гришко В.А., Зоценко В.М., Островський Д.М. М'ясна продуктивність перепелів породи Фараон за випоювання біотехнологічною добавкою (суспензія *Chlorella sorokiniana)* ... 106

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Димань Т.М. Ксеноестрогени антропогенного походження в харчових продуктах та їх вплив на здоров'я людини..... 116

Гойко І.Ю., Стеценко Н.О. Аналіз та тенденції організації харчування військовослужбовців у різних країнах світу..... 127

Рудакова Т.В. Мінорова А.В. Моісеєва Л.О. Крушельницька Н.Л. Наріжний С.А. Король-Безпала Л.П. Дослідження формування структури молочних десертів зкомбінованим складом сировини під впливом технологічних чинників..... 136

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ

Маріуца А. Е., Борисенко Н. О., Гущин В. О., Грициняк І. І. Використання ISSR-маркерів для генотипування експериментальної групи великоротого окуня *Micropterus salmoides (LACEPEDE, 1802)*, вирощеного у ставках Полісся України..... 145

CONTENT

TECHNOLOGY OF MANUFACTURE AND PROCESSING PRODUCTION OF ANIMALS

Portiannyk S. Assessment of the risk of animal feed and organic waste contamination by heavy metals..... 6

Kruk O., Ugnivenko A. Slaughter and meat qualities of purebred and crossbred bulls of the Ukrainian Black-and-White Dairy breed..... 18

Mishchenko O., Lytvynenko O., Bodnarchuk G., Romanenko L., Afara K., Kryvoruchko D. Technological methods of limiting the reproductive activity of queen bees in conditions of honey collection..... 26

Kompanets I. Longevity of dairy cows depending on the age of first calving..... 34

Babenko S., Bomko V., Kuzmenko O., Cherniavskyi O., Tytariova O., Slomchynskyi M., Nedashkivsky V., Sobolieva S. Efficiency of use of enzyme preparation Hemicell® HT for growing young gees..... 42

Voshchenko I., Povod M. The influence of the size of the pig farm on the realization of the reproductive qualities of sows of danish breeding..... 51

Ladyka V., Malikova A., Skliarenko Y., Pavlenko Y. The study of capa-casein gene polymorphism in cattle populations created on the maternal basis of the Lebedyn breed..... 64

Fesenko V., Karkach P., Mashkin Y., Kuzmenko P. Theoretical aspects of innovative technologies in pig production..... 71

BIOTECHNOLOGIES AND BIOENGINEERING

Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Kharchyshyn V., Melnychenko Yu., Tymoshok N., Melnychenko O. Effect of using nanoselenium bioconjugates together with probiotics on metabolic parameters of quail..... 81

Glavatchuk V.A., Ogorodnichuk H.M. Influence of cellulolytic preparation on the productive qualities of snails of the *Helix Aspersa Maxima* species..... 89

Tsekhmistrenko O. Properties of silver and copper nanoparticles obtained by the methods of «green» chemistry..... 97

Grishko V., .Zotsenko V., Ostrovskiy D. Meat productivity of quail of the Pharaoh breed after drinking a biotechnologicum supplementum (Suspension of *Chlorella sorokiniana*)..... 106

FOOD TECHNOLOGY

Dyman T. Xenoestrogens of anthropogenic origin in food products and their impact on human health..... 116

Goyko I., Stetsenko N. Analysis and trends in the organisation of military catering in different countries of the world..... 127

Rudakova T., Minorova A., Moiseeva L. Krushelnytska N., Narizhnyy S., Korol-Bezpala L. Research on the formation of the structure of dairy desserts with a combined composition of raw materials under the influence of technological factors..... 136

ECOLOGY

Mariutsa A., Borysenko N., Gushchin V., Grytsynyak I. Use of ISSR markers for genotyping an experimental group of largemouth bass *Micropterus salmoides (LACEPEDE, 1802)*, reared in ponds of Polissia of Ukraine. 145

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 63:632.2:502:519.2

Оцінювання ризику забруднення важкими металами кормів та органічних відходів тваринництва

Портянник С. В.

Державний біотехнологічний університет

Портянник С. В. E-mail: Portynnyk@i.ua

Портянник С. В. Оцінювання ризику забруднення важкими металами кормів та органічних відходів тваринництва. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 6–17.

Portiannyk S. Assessment of the risk of animal feed and organic waste contamination by heavy metals. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 6–17.

Рукопис отримано: 24.11.2023 р.
Прийнято: 07.12.2023 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-6-17

Забруднення агроекосистем важкими металами становить значну загрозу для сільськогосподарського виробництва в різних країнах світу, зокрема, і для України. У післявоєнний період екологічна ситуація буде ще складнішою. Важливе значення має вчасне оцінювання екологічного ризику за допомогою отриманих у наукових експериментах результатів лабораторного аналізу кормів раціону дійних корів та їх органічних відходів на вміст екотоксикантів, таких як кадмій та свинець. Кореляційний аналіз – один із методів статистичної обробки даних, котрий з використанням сучасних комп'ютерних програм дає змогу швидко встановити силу зв'язку між показниками і його статистичну значущість. Такі методи дослідження застосовуються вченими з країн Європейського Союзу, США, Китаю, інших країн. Попередні дослідження зосереджувалися безпосередньо на концентраціях забруднення важкими металами Cd, Pb й інших кормів для тварин та органічних відходів, але не стосувалися зв'язку між ними. Науково-господарські досліди проведено на дійних коровах з різними типами годівлі. Тварин відібрано методом аналогів за живою масою та продуктивністю. До складу раціону входили корми з надлишком кадмію та свинцю. Висока біологічна активність полютантів вплинула на їх перехід з кормів раціону в продукцію та органічні відходи. Метою досліджень був аналіз кореляційної залежності між вмістом Cd і Pb в кормах для корів та їх органічними відходами з оцінюванням ризику забруднення ґрунту небезпечними токсикантами в зоні діяльності агропідприємств з виробництва молока після внесення органічних відходів як органічного добрива. За допомогою комп'ютерної програми STATISTICA версії 10.0., тесту Шапіро-Уілка (Shapiro-Wilk's W-test) було перевірено відповідність отриманих даних лабораторних аналізів кормів та органічних відходів на концентрацію важких металів, за законом «нормального» розподілу (Гауса), а потім вибрано для розрахунку необхідний, непараметричний ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена. Встановлено високу r=0,66-0,75 (Cd) (p<0,05), r=0,66-0,77 (Pb) (p<0,05) та дуже високу r=0,83 (Cd) (p<0,05), r=0,83 (Pb) (p<0,05) кореляційну залежність між умістом токсикантів у кормах та органічних відходах, що дає змогу спеціалістам швидко і ефективно діяти в умовах виробництва, впевнено використовувати метод екологічного моніторингу, прогнозувати екологічну ситуацію, оцінювати екологічні ризики, зокрема, щодо ведення органічно-біологічного землеробства та уникати порушення екологічної рівноваги агроекосистем.

Ключові слова: корм, органічні відходи, органічні добрива, важкі метали, кадмій, свинець, кореляція, екологічний ризик, дійні корови.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Екологічний моніторинг агроекосистем фіксує великі техногенні навантаження полютантів на території багатьох господарств, де утримується поголів'я великої рогатої худоби. З початку війни ця ситуація не покращилася, а навпаки, значно погіршилася, і в перспективі буде ще складнішою. Великі техногенні навантаження полютантів на території господарств призводять до змін природного стану ґрунту, водойм, рослинного світу. Підвищення концентрації важких металів у ґрунті відбувається також внаслідок порушення норм внесення як органічного добрива відходів тваринництва, отриманих від згодовування тваринам кормів з важкими металами, особливо тих, що містять такі небезпечні екотоксиканти як кадмій та свинець. Забруднення важкими металами є значною загрозою для сільськогосподарського виробництва. Забруднення ґрунту важкими металами може спричинити потенційний екологічний ризик, а забруднення врожаю важкими металами може спричинити ризик для здоров'я людини [1].

Кадмій та свинець, потрапивши в організм корів з кормами раціону, безперешкодно всмоктується у шлунково-кишковому тракті у кров, розноситься по всьому організму і виводиться з молоком, екскрементами (кал та сеча). Оцінити ризик забруднення ґрунту та спрогнозувати екологічний стан сільськогосподарських екосистем у таких ситуаціях – досить складне завдання. Враховуючи, що ґрунт є довготривалим поглиначем та утримувачем важких металів, де полютанти перебувають впродовж сотень, а то і тисяч років, вчені з Великої Британії [2] значну увагу приділяють кількісному визначенню надходження токсичних металів у сільськогосподарські ґрунти з можливістю оцінити, які ґрунти є найбільш уразливими до забруднення полютантами. Тільки тоді можна буде прогнозувати і управляти потенційними ризиками для зменшення негативного впливу на агроекосистеми [2].

Проведення науково-господарських дослідів з дослідження міграції токсичних металів у трофічному ланцюзі й отримання відповідного масиву цифрових даних не завжди може вказати на закономірність певних змін. Вченими широко застосовуються різні методи кореляційного аналізу отриманих результатів досліджень. При цьому використовуються різні комп'ютерні програми та алгоритми аналізу. Важливе значення має не лише аналіз сили кореляційного зв'язку між показниками, а й правильний вибір цих показників.

Вчені [3] використовували кореляційне дослідження для виявлення співвідношення між важкими металами в морських осадах Гонконгу протягом тривалого проміжку часу – з 1991 по 2011 рік. На першому етапі застосовували рангову кореляцію Спірмена, а потім – Пірсона. Затока і гавань (Victoria) були забруднені важкими металами Pb і Cu, що корелювало із забрудненням Cr, Ni та Zn. Подібні методи широко застосовувалися в біології, соціології та інформатиці. Важливим є те, що досліджений кореляційний аналіз можна застосовувати не лише для морських відкладень, а й в інших екологічних системах. Вчені [1] проводили кореляційний аналіз вмісту важких металів у ґрунті та рослинах, які вирощуються для оцінювання ризику забруднення сільськогосподарських культур та прогнозування небезпеки шкідливого впливу токсичних металів, особливо ртуті і кадмію, на організм людини. Дослідники здебільшого звертали увагу на забруднення ґрунту та рослин важкими металами і не звертали уваги на зв'язок між ними. Результати показали – досліджувані токсичні метали у ґрунті мали найбільший вплив на рівень цинку в рослинах, а свинець та хром – синергічний вплив на поглинання цинку рослинами. Експерименти доводять важливість кореляційного оцінювання для контролю ризику забруднення, котре до цього не враховувалося. Польські вчені досліджували кореляційний аналіз біоакумуляції важких металів у тканинах та органах (печінка) овець, зокрема, м'язовій тканині з віком. Вівці утримувалися у Східній Польщі. Результати експерименту показали, що з віком овець вміст води у м'язовій тканині зменшується, проте зростає вміст білка, жиру та золи. Забруднення м'яса і печінки кадмієм та свинцем залежить від віку тварин. Між наймолодшими тваринами і найстарішими було зафіксовано різницю в декілька разів за рівнем забруднення [4].

Прикладів застосування кореляційного аналізу у сільському господарстві та інших сферах, пов'язаних із забрудненням довкілля, можна навести багато, однак дослідження кореляційного зв'язку між вмістом токсичних металів у раціонах дійних корів та органічних відходах тваринництва раніше не проводилися.

Аналіз кормів раціону дійних корів у агропідприємствах здійснюється фахівцями майже регулярно, зокрема, на вміст важких металів, на відміну від хімічного аналізу органічних відходів. Дослідження кореляції між вмістом токсичних металів у кормах та орга-

нічних відходах тварин є зручним і досить надійним індикатором прогнозування екологічної безпеки ґрунтів (оцінки ризику) в господарстві.

Метою досліджень є аналіз кореляційної залежності між вмістом токсичних важких металів Cd і Pb у кормах раціону корів та їх органічних відходах, а також оцінювання ризику забруднення ґрунту небезпечними полютантами в зоні діяльності агропідприємств з виробництва молока після внесення органічних відходів тварин як органічного добрива.

Матеріал і методи дослідження. У господарствах, розташованих навколо промислового міста лісостепової зони України, було проведено науково-господарські досліди на дійних коровах української чорно- та червоно-рябої молочних порід з виробництва екологічно безпечного молока. Для проведення дослідів відібрали 126 голів корів з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі, 63 – з силосно-сінажним, 36 – силосно-коренеплодним та 195 – з силосно-сінним типом годівлі, відповідно. Коровам усіх груп згодовували корми з умістом важких металів Cd та Pb вище встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК). Середня жива маса корів – 500–545 кг. Тривалість порівняльного періоду становила 42 дні. Корови, відібрані методом аналогів за живою масою та продуктивністю, пербували в однакових умовах годівлі та утримання. Дослідний період тривав 120 днів. Біохімічний аналіз зразків рослинного і тваринного походження на вміст макро-, мікроелементів, токсичних металів та іншого проведено методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (спектрофотометр AAS-30) [5].

Усі маніпуляці з тваринами проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують з експериментальною та науковою метою (Страсбург, 1986).

Аналіз даних проводився з урахуванням особливостей, отриманих у дослідженні результатів: розміру вибірки та типу розподілу даних, характеру дисперсій. Кореляційну залежність вважали статистично значущою за $p<0,05$. Кореляційний аналіз – за непараметричним ранговим коефіцієнтом кореляції Спірмена (Correlations Spearman) з урахуванням тесту Шапіро-Уілка (Shapiro-Wilk's W-test). Розрахунок проводився в пакеті програм STATISTICA версії 10.0 для операційної системи Windows 7.

Результати дослідження та обговорення. Раціон дійних корів з підвищеним вмістом у кормах токсичних металів кадмію та свинцю вплинув не лише на перехід їх зі шлунково-кишкового тракту в кров, молоко, й на органічні відходи тваринництва. Для встановлення сили кореляційної залежності між вмістом токсичних металів у кормах раціону та органічних відходах тваринництва, за відповідних умов проведення наукового експерименту застосовано один з непараметричних коефіцієнтів кореляції – ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена (Correlations Spearman), оскільки тест Шапіро-Уілка (Shapiro-Wilk's W-test), що вважається найпотужнішим для встановлення відповідності отриманих даних закону «нормального» розподілу (Гауса), особливо за невеликих вибірок ($n<50$) незалежних груп, показав, що вміст кадмію та свинцю в кормах раціону і органічних відходах корів з різними типами годівлі не підпорядковується закону «нормального» розподілу (рис. 1–4).

Застосування коефіцієнту Пірсона в такій ситуації може призвести до висновків, котрі не відповідають дійсності. Коефіцієнт кореляції Пірсона доцільніше застосовувати, коли досліджувані показники відповідають закону «нормального» розподілу (Гауссова).

З меню Statistics / Nonparametrics програми STATISTICA версії 10.0 запускаємо модуль Correlations (Spearman, Kendall tau, gamma). Далі у Variables виораємо стовбці, що містять необхідні дані, і натискаємо піктограму Spearman R. З'явиться таблиця з результатами аналізу (рис. 5–6).

Коефіцієнт кореляції між вмістом важких металів кадмію та свинцю в кормах раціону і органічних відходах дійних корів в усіх проаналізованих випадках був позитивним, переважно високим, а в окремих випадках навіть дуже високим (від $r=0,66$ до $r=0,83$), що вказує на прямий високий ступінь взаємозв'язку. Найменшим (на рівні $r=0,66$) був кореляційний зв'язок між показниками у корів з силосно-сінажним типом годівлі як за концентрацією кадмію, так і свинцю, а також у тварин з силосно-коренеплодним типом годівлі, однак лише за вмістом кадмію ($p<0,05$). Найвищий коефіцієнт кореляції було встановлено за вмістом кадмію і свинцю у корів з силосно-сінним типом годівлі ($r=0,83$, $p<0,05$). Дуже високий кореляційний зв'язок програма виділяє червоним кольором (рис. 5–6). Крім того, програма одночасно встановлює статистичну значущість, котра в усіх досліджених випадках становила $p<0,05$.

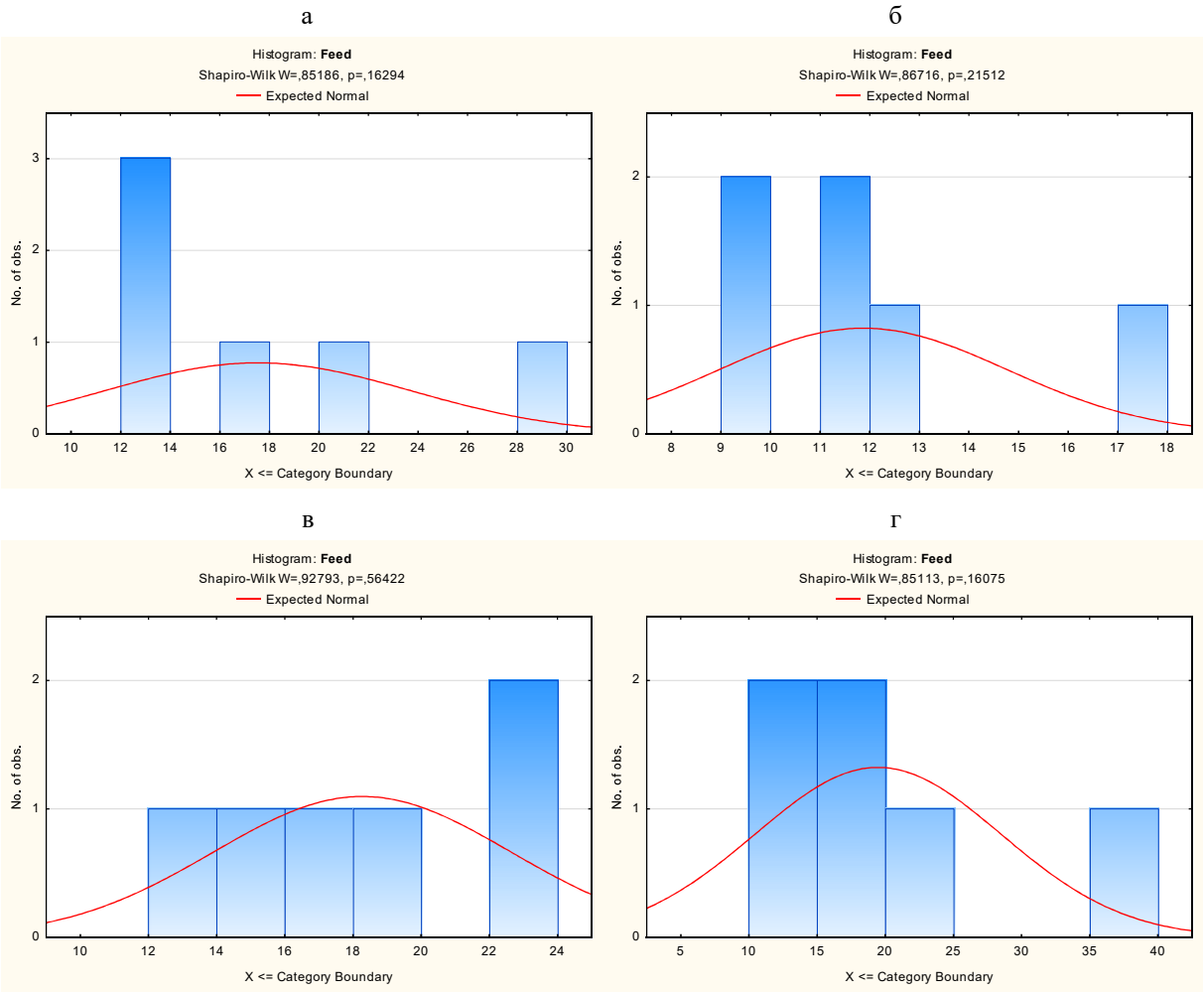


Рис. 1. **Аналіз розподілу досліджуваних показників вмісту Cd в кормах раціону корів (мг/кг) за тестом Шапіро-Уілка. Типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний**

За вмістом Cd найслабший кореляційний зв'язок було встановлено у тварин з силосно-коренеплодним та силосно-сінажним типом годівлі (r=0,66, p<0,05), сильнішим він був у корів з силосно-сінажно-концентратним (r=0,75, p<0,05), дуже високою кореляційна залежність була у тварин з силосно-сінним типом годівлі (r=0,83, p<0,05) (рис. 5–6). За вмістом Pb, найслабший кореляційний зв'язок було встановлено у тварин з силосно-сінажним типом годівлі (r=0,66, p<0,05), більш сильним він був у корів з силосно-коренеплодним (r=0,71, p<0,05) та силосно-сінажно-концентратним типами годівлі (r=0,77, p<0,05), дуже високою кореляційна залежність була у тварин з силосно-сінним типом годівлі (r=0,83, p<0,05) (рис. 5–6).

Корми, що входили до складу різних раціонів, мали підвищений рівень концентрації даних небезпечних елементів-полютантів: у корів з силосно-коренеплодним типом годівлі перевищення гранично допустимої концентрації Cd становило: у сіні злаково-бобовому – у 5,7 раза, соломі пшеничній та силосі кукурудзяному – у 2,7 раза, сінажі люцерновому – 3,4, буряку кормовому – 2,4 та дерті кукурудзяній – у 4,1 раза, відповідно, і по Pb – у 3,2, 2,4, 2,3, 2,5, 2,1, 3,2 раза, відповідно; у корів з силосно-сінним типом годівлі перевищення ГДК Cd становило: в соломі пшеничній – у 2,5 раза, силосі кукурудзяному – 1,8, сінажі люцерновому – 1,9, буряку кормовому – 3,4, сіні люцерновому – 2,2 та дерті ячмінній – у 2,3 раза, відповідно, і по Pb – у 1,7, 1,3, 1,5, 2,5, 1,9, 1,8 раза, відповідно; у корів з силосно-сінажним типом годівлі перевищення ГДК Cd становило: в сіні злаково-бобовому – у 3,7 раза, силосі кукурудзяному – 2,5, сінажі люцерновому – 3,1, сіні люцерновому – 3,3, дерті гороховій – 4,7 та

дерті вівсяній – у 4,6 раза, відповідно, і по Pb – у 2,2, 1,6, 1,8, 2,1, 2,6, 2,5 раза, відповідно; у корів з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі перевищення ГДК Cd становило: у сіні злаково-бобовому – у 7,3 раза, силосі кукурудзяному – 2,1, сінажі люцерновому – 2,8, дерті кукурудзяній – 3,7, сіні люцерновому – 3,3 та дерті гороховій – у 4,1 раза, відповідно, і по Pb – у 2,5, 1,4, 1,6, 1,8, 2,3, 2,1 раза, відповідно.

Застосування рангового коефіцієнту кореляції Спірмена за допомогою програми STATISTICA версії 10.0 дало змогу розрахувати, і тим самим достовірно встановити високу силу кореляційного зв'язку між важливими для експерименту показниками – вмістом токсичних металів Cd і Pb у кормах раціону дійних корів та їх органічних відходах за різних типів годівлі.

Вирішенням проблеми забруднення навколишнього природного середовище токсичними металами, особливо такими як кадмій та свинець, котрі швидко мігрують у системі «ґрунт → рослина → організм тварини (продукція тваринництва) → організм людини» займаються як вітчизняні, так і закордонні вчені. Дія деяких екологічних факторів, зокрема, техногенне навантаження важкими металами, часто непрогнозована. Важкі метали виводяться з організму тварин з екскрементами (калом та сечею), котрі знезаражуються певний час у гноєсховищах. Органічні відходи вносяться в ґрунт як органічне добриво, посилюючи як валову, так і фонову концентрацію полютантів. Порушення науково-обгрунтованих норм внесення в ґрунт органічних відходів дійних корів як органічного добрива великих агропідприємств, особливо тих, котрі розташовані поблизу промислових центрів, може стати тригером негативних змін в агроекосистемах, що вже зазнали воєнного екоциду з боку агресора.

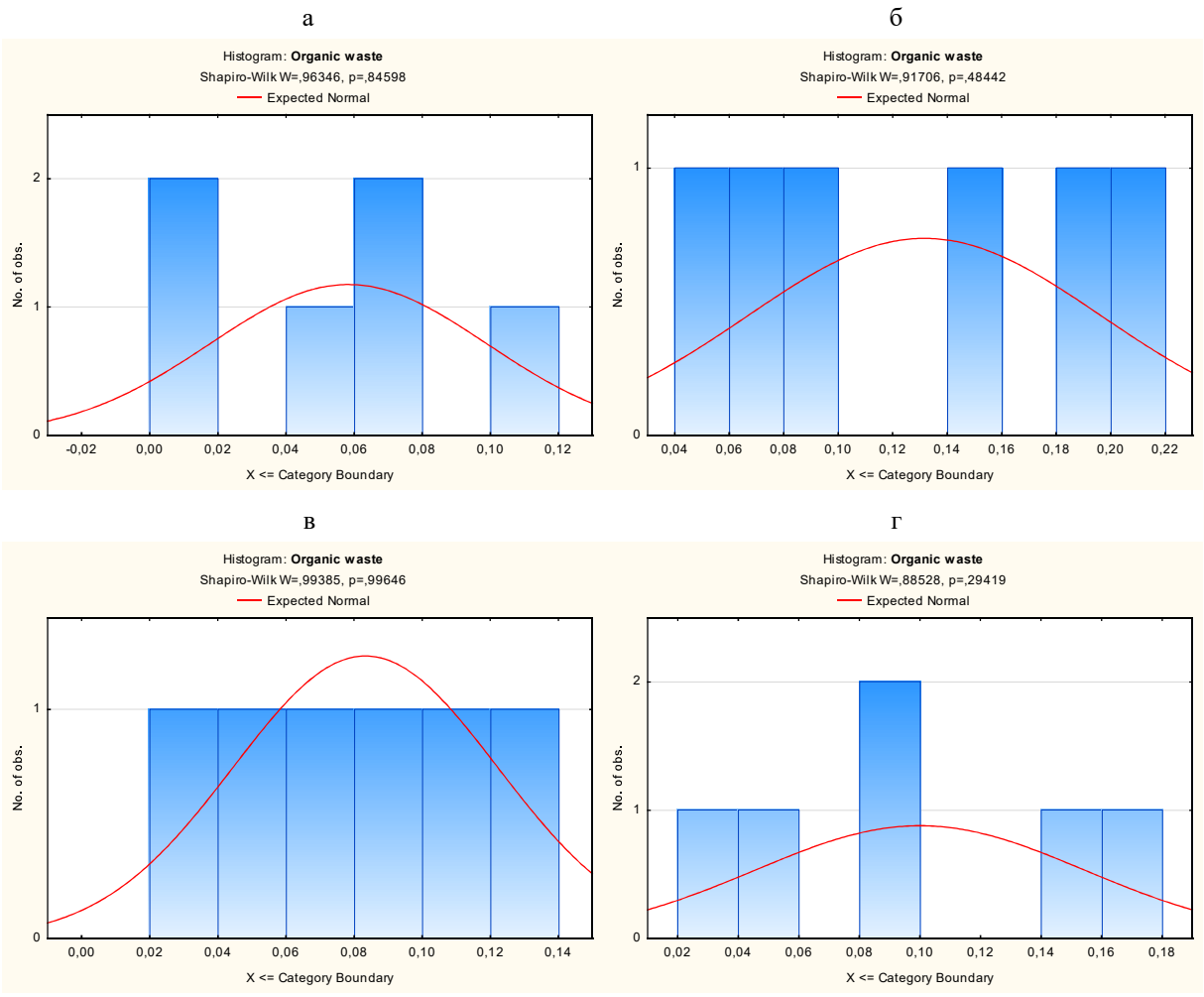


Рис. 2. **Аналіз розподілу досліджуваних показників вмісту Cd в органічних відходах (мг/кг) за тестом Шапіро-Уілка. Типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний.**

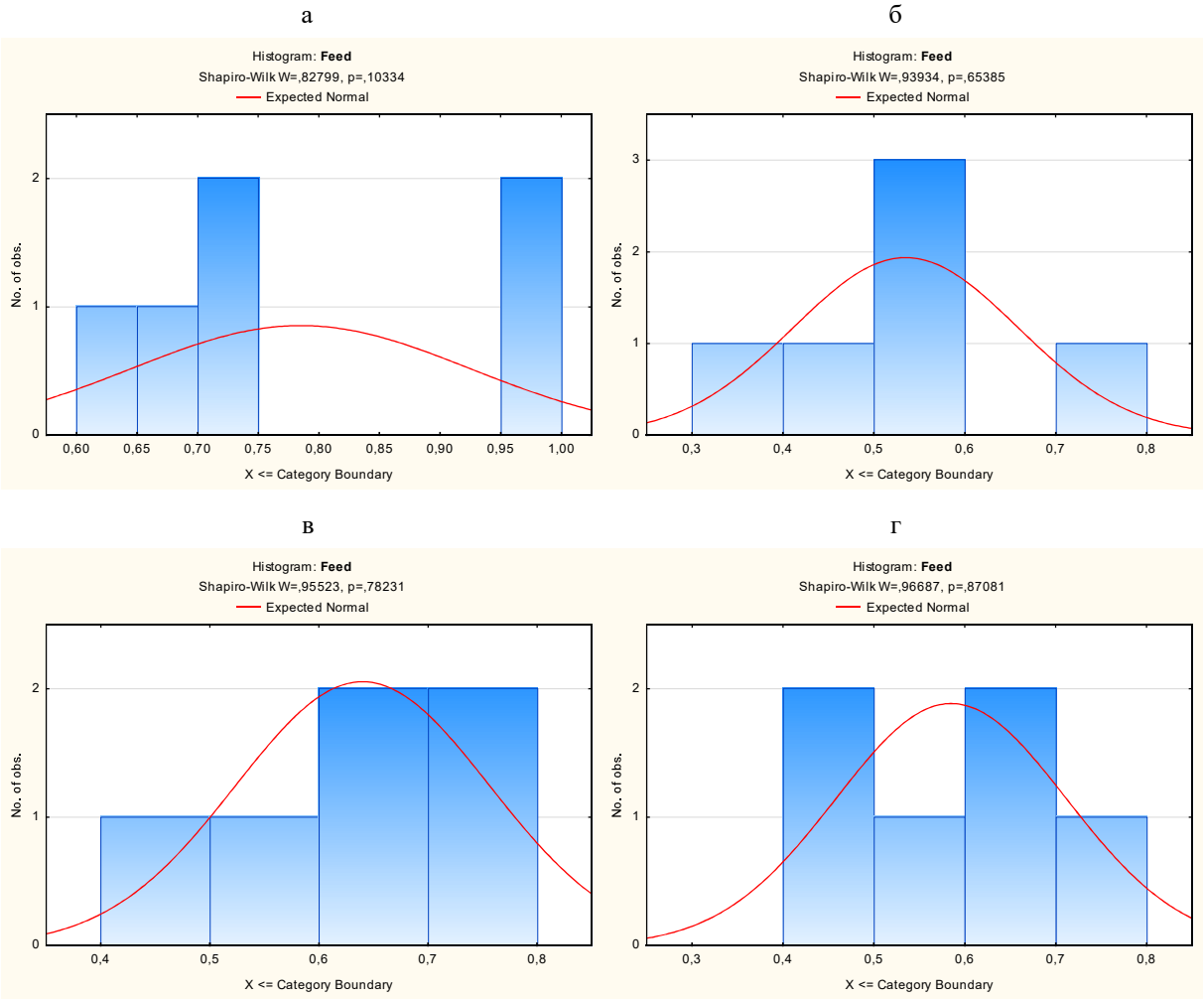


Рис. 3. **Аналіз розподілу досліджуваних показників вмісту Pb в кормах раціону корів (мг/кг) за тестом Шапіро-Уілка. Типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний**

Вітчизняні вчені [6] зазначають важливість дослідження проблеми забруднення навколишнього природного середовища, пов'язану з токсичністю важких металів, котрі здійснюють шкідливий вплив на живі організми. Найбільш пріоритетними для хіміко-токсикологічного аналізу вчені зазначають Pb, Hg, Cd, Cu, Ni, Co, Zn, які мають високу токсичність і міграційну здатність, що узгоджується з нашими дослідженнями. Поведінка токсикантів у різних природних середовищах обумовлена їх специфічністю та відповідними властивостями, як от токсичність, акумуляція, рухомість, комплексоутворення тощо. Вчені [6], дослідивши кореляційний зв'язок між умістом важких металів у ґрунтах різних екосистем, під час математичного моделювання в екологічному моніторингу дійшли висновку, що існує тісний зв'язок між накопиченням важких металів у ґрунтах за їх малої міграційній здатності завдяки наявності нерозчинних сполук, до складу яких вони входять. Цей факт обумовлено комплексним забрудненням навколишнього середовища, зокрема техногенними речовинами хімічної природи (катіоногени і аніоногени). Встановивши кореляційний зв'язок і отримавши відповідні рівняння регресії, вчені за допомогою математичної моделі можуть прогнозувати відповідні екологічні зміни, оцінювати екологічні ризики.

Досліджені нами органічні відходи тваринництва містять токсичні важкі метали Cd, Pb ін., які, потрапивши до ґрунту, підвищують його родючість й водночас спричиняють акумуляцію полютантів, котрі можуть утворювати не лише валові, а й рухомі форми токсичних елементів. Далі, залежно від pH ґрунту та інших факторів, вони мігрують у рослини, які є кормом для

сільськогосподарських тварин, і у випадку ведення традиційного чи органічно-біологічного землеробства потрапляють у харчові продукти. Нами було застосовано кореляційний аналіз за використання програми STATISTICA версії 10.0, яку також широко використовують зарубіжні вчені. Наприклад, [3] досліджували кореляцію між важкими металами, [7] також застосовували кореляційний аналіз Спірмена, досліджуючи концентрації озону, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, твердих частинок тощо, [8] концентрації токсичних важких металів під час спалювання промислових небезпечних відходів та інше.

Як бачимо, складність процесів, що відбуваються в екосистемах, ефективний екологічний моніторинг потребують застосування перевірених у наукових дослідженнях нових методів моделювання ситуації з використанням відповідних комп'ютерних програм. Переваги моделювання в тому, що вони дають змогу простими й недорогими способами аналізувати стан екологічних систем і передбачити характер їх трансформації у разі внесення тих чи інших змін, наприклад забруднення важкими металами після внесення в ґрунт органічних добрив з відходів тваринництва. Головна вимога до таких екологічних моделей – точність та достатня узагальненість. Точність моделей здебільшого залежить від кількості вибраних для її побудови елементів і параметрів системи. Включення до моделі великої кількості компонентів ускладнює її аналіз, створює «шум». Зменшення кількості елементів до занадто малого їх числа робить модель далекою від реальності. Нами було побудовано математичні моделі, в основу яких покладено розрахунок кореляційної залежності між досліджуваними показниками з побудовою відповідних рівнянь регресії. У наукових дослідженнях часто виникає необхідність пошуку взаємозв'язку між різними показниками досліджуваних груп.

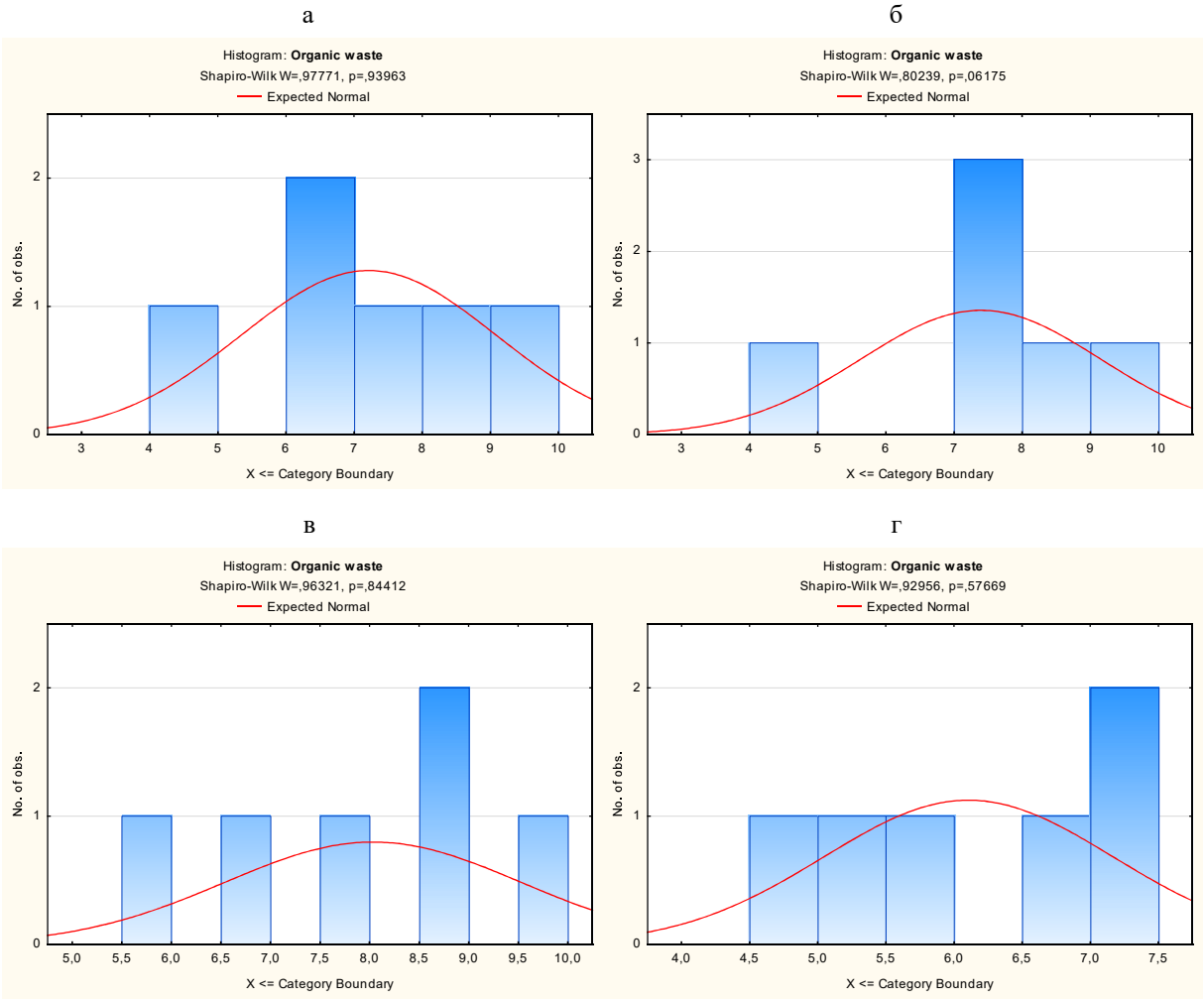


Рис. 4. **Аналіз розподілу досліджуваних показників вмісту Pb в органічних відходах (мг/кг) за тестом Шапіро-Уілка.Типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний.**

Ми проаналізували вміст токсичних важких металів кадмію та свинцю в кормах раціону дійних корів з різними типами годівлі і їх органічними відходами. Для вирішення завдань такого типу використовують різні види кореляційного аналізу, що дає змогу оцінити напрям взаємозв'язку між двома показниками (прямий чи зворотний), а також виразити кількісно за допомогою коефіцієнта кореляції. Чим ближче коефіцієнт кореляції до 1 (за модулем), тим сильніший зв'язок між показниками.

Кореляційну залежність між вмістом Cd і Pb у кормах раціону та органічних відходах тваринництва дійних корів, що встановлена нами в експерименті, ми вважаємо дуже важливою для екологічного моніторингу, оцінювання екологічного ризику забруднення ґрунтів, що доповнить вже існуючий інструментарій фахівців-екологів, зооінженерів, інших спеціалістів, оскільки регулярний відбір проб ґрунту та їх лабораторний аналіз є достатньо складним, потребує додаткових матеріальних витрат.

Екологічний моніторинг забруднення ґрунтів токсичними важкими металами необхідно проводити комплексно. Відбір проб ґрунту та їх лабораторний аналіз з дуже високою точністю встановить концентрацію валових та рухомих форм полютантів, а кореляційний аналіз за вже відомим хімічним аналізом кормів, що здійснюється регулярно в господарствах, дасть змогу з високою точністю прогнозувати вміст важких металів в органічних відходах. Головне в роботі спеціалістів агропідприємств – передбачити і не допустити повторного забруднення та крайнього загрозливого стану екосистем. Встановлена нами висока (r=0,66–0,75), дуже висока (r=0,83 (Cd), p<0,05) та висока (r=0,66–0,77), дуже висока (r=0,83 (Pb), p<0,05) коре-

Рис. 5. **Записані у вікно програми показники вмісту кадмію в кормах раціону та органічних відходах корів n=6 та результат – коефіцієнт кореляції Спірмена між вмістом елемента в кормах раціону і органічних відходах тварин. Типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний.**

ляційна залежність між вмістом токсикантів у кормах та органічних відходах дасть змогу спеціалістам ефективно діяти в умовах виробництва, впевнено використовувати метод екологічного моніторингу і прогнозувати екологічну ситуацію.

Кореляційний аналіз ефективно застосовують у різних галузях. Вчені [9] провели дослідження впливу козячого молока, збагаченого олігосахаридами, на мікробіоту в товстому кишківнику мишей. За допомогою кореляційного аналізу Спірмена дослідили силу кореляційного зв'язку між мікробіотою та коротколанцюговими жирними кислотами у дослідних тварин. Кореляційний аналіз Спірмена показав, що пропіонова, ізомасляна та валеріанова кислоти позитивно корелюють з певною мікробіотою. Відповідно доведено, що козяче молоко корисне для поліпшення середовища товстого кишківника.

Ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена успішно застосували в аналізі показників [10] під час дослідження взаємозв'язку між дозою радіації природного випромінювання та захворюваністю на рак людей у Республіці Корея. Було взято дані про потужність дози радіації зі 171 пункту спостереження у 113 адміністративних округах країни за 10 років: з 2007 по 2016.

Міжнародна практика показує, що за допомогою рангового непараметричного коефіцієнта кореляції Спірмена може бути встановлена висока сила кореляційного зв'язку між досліджуваними показниками, що доводять дослідження та досліди [9], а також навпаки, сила кореляційного зв'язку може бути низькою, як і статистична вірогідність [10].

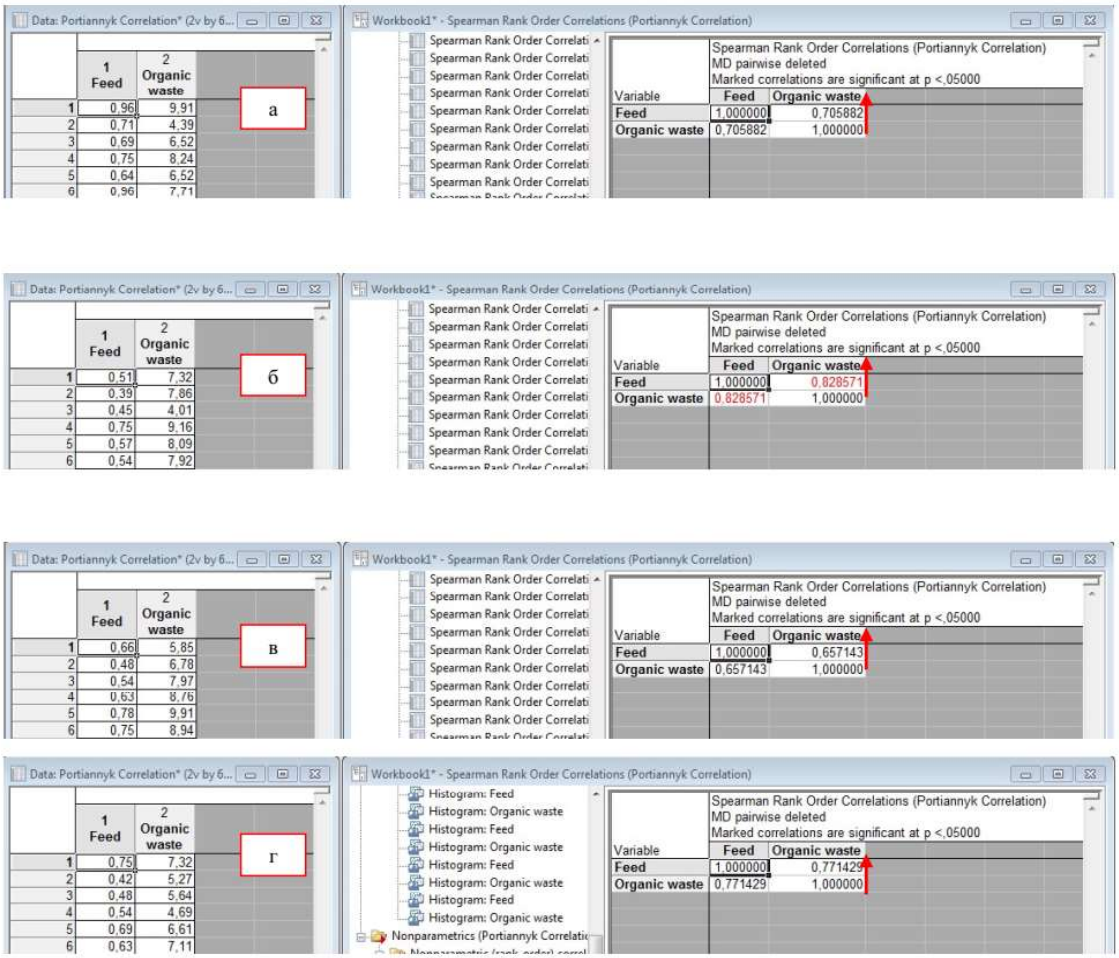


Рис. 6. **Записані у вікно програми показники вмісту свинцю в кормах раціону та органічних відходах корів (n=6) та результат – коефіцієнт кореляції Спірмена між вмістом елемента в кормах раціону і органічних відходах тварин. Типи годівлі: а – силосно-коренеплодний; б – силосно-сінний; в – силосно-сінажний; г – силосно-сінажно-концентратний.**

Методологія оцінювання ризику, вибір оптимальних шляхів усунення або зменшення ризику складається з трьох взаємопов'язаних елементів: оцінювання ризику; управління ризиком; інформування про ризик. Саме їх сукупність дає змогу не лише виявити існуючі проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації рішень. Враховуючи високу і дуже високу кореляційну залежність досліджуваних показників, екологічний ризик забруднення ґрунту токсичними елементами кадмієм та свинцем є високим, що з високою ймовірністю може призвести до погіршення якості ґрунту, деградації флори і фауни ґрунтових екосистем, зменшення видового різноманіття, порушення біогеохімічних циклів, процесів біотичної саморегуляції, екологічної рівноваги, зниження адаптаційних можливостей агроекосистем внаслідок порушення норми внесення органічних добрив, котрі містять ксенобіотичні хімічні елементи.

Погоджуємося з вченими з Португалії [11], які вказують на обмежувальний фактор, концентрацію важких металів у використанні органічних відходів (компосту із сільськогосподарських відходів) на сільськогосподарських ґрунтах. Дослідники відбирали по 9 зразків різних органічних відходів з осаду муніципальних стічних вод, компосту тощо. Вони наголошують, що використання різних органічних відходів є дуже важливим факторм дотримання Директиви Ради 1999/31/ЕС про захоронення відходів (Landfill Directive) з дотриманням політики зменшення утворення відходів в Європі та одночасним стратегічним завданням зростання вмісту органо-мінеральних речовин у ґрунті, котрий може бути дуже низьким. Важкі метали не розкладаються під час зберігання, знезаражування гною у гноєсховищах чи утворенні компостів [12].

Дослідження [13] показують, що внесення органічних відходів тваринництва (компостів), що містять високі рівні важких металів, може призвести до їх надмірного накопичення в ґрунті та погіршення його якості. Наприклад, 18-кратне збільшення концентрації Cd у ґрунті спостерігалося, коли свинячий гній вносили в ґрунт протягом 17 років на північному сході та півдні Китаю, порівняно з контрольними ґрунтами, де або зовсім не вносилися добрива, або вносилися лише мінеральні добрива [14]. Взагалі забруднення ґрунту важкими металами є критичною проблемою в цій країні. Загальнонаціональні дослідження показують, що 19 % сільськогосподарських ґрунтів вже перевищують китайські екологічні стандарти якості щодо важких металів. Крім того, концентрації важких металів, таких як кадмій, у ґрунті значно зросли за останні 3 десятиліття. Тому існує нагальна потреба моніторингу та мінімізації надходження важких металів у сільськогосподарські ґрунти. Очевидно, що досвід Китаю з негативними екологічними наслідками інтенсивного розвитку тваринництва необхідно буде враховувати у післявоєнний час в Україні, на що спрямовано й наші дослідження.

Розроблені і доступні сьогодні на ринку комп'ютерні програми, зокрема, такі, як використана нами для кореляційного аналізу STATISTICA версії 10.0 для операційної системи Windows 7, доводить свою ефективність. Враховуючи попередню перевірку отриманих показників лабораторного аналізу кормів раціону та органічних відходів за тестом Шапіро-Уілка, доцільно застосовувати непараметричний ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена для встановлення сили кореляції, прогнозування розвитку екологічного стану агроекосистем та оцінювання екологічного ризику.

Висновки. Статистична обробка даних з функцією аналізу непараметричної рангової кореляції Спірмена встановила високу і дуже високу кореляційну залежність між концентрацією токсичних важких металів кадмію та свинцю в кормах раціону корів за різних типів годівлі і концентрацією (переходом) їх в органічні відходи, що значно полегшує фахівцям здійснювати екологічний моніторинг, прогнозувати забруднення ґрунту та оцінювати екологічний ризик агроекосистем. У агропідприємствах це сприятиме вчасному застосуванню відповідних заходів зі зниження рівня концентрації полютантів в органічних відходах тваринництва, зменшення забруднення ґрунту важкими металами та забезпечить дотримання вимог діючих Директив, Регламентів ЄС щодо стану ґрунтів і поводження з відходами.

REFERENCES

1. Xiang, M., Li, Y., Yang, J., Lei, K., Li, Y., Li, F., Zheng, D., Fang, X., Cao, Yu. (2021). Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops, environmental pollution. Vol. 278, 116911. ISSN 0269-7491, DOI:10.1016/j.envpol. 2021.116911

2. Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Williams, J.R., Unwin, R.J. (1999). Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. Bioresource Technology, Vol. 70, Issue 1, pp. 23–31. DOI:10.1016/S0960-8524(99) 00017-6.

3. Liu, L., Wang, Z., Ju, F., Zhang, T. (2015). Co-occurrence correlations of heavy metals in sediments revealed using network analysis,

Chemosphere. Vol. 119, pp. 1305–1313. DOI:10.1016/j.chemosphere.2014.01.068

4. Rudy, M. (2009). The analysis of correlations between the age and the level of bioaccumulation of heavy metals in tissues and the chemical composition of sheep meat from the region in SE Poland. Food and Chemical Toxicology, Vol. 47, Issue 6, pp. 1117–1122. DOI:10. 1016/j.fct.2009.01.035

5. Praice, W. (1972). Analitical atomic absortion spectrometry. London, New-York, Phein, pp. 259–275.

6. Kozulya, T. V., Glushkova, L. V., Shtitelman, Z. V. (2004). Determination of correlations between the content of heavy metals in soils of different ecosystems when solving problems of mathematical modeling in ecological monitoring. Radio electronics and informatics. 4 (29), pp. 159–164.

7. Wang, Z., Lv, J., Tan, Y., Guo, M., Gu, Y., Xu, S., Zhou, Y. (2019). Temporospatial variations and Spearman correlation analysis of ozone concentrations to nitrogen dioxide, sulfur dioxide, particulate matters and carbon monoxide in ambient air. China, Atmospheric Pollution Research. Vol. 10, Issue 4, pp. 1203–1210. ISSN 1309-1042, DOI:10.1016/j.apr.2019.02.003

8. Zhang, J., Chen, T., Li, H., Tu, S., Zhang, L., Hao, T., Yan, Bo. (2023). Mineral phase transition characteristics and its effects on the stabilization of heavy metals in industrial hazardous wastes incineration (IHWI) fly ash via microwave-assisted hydrothermal treatment. Science of The Total Environment. Vol. 877, 162842. ISSN 0048-9697, DOI:10.1016/j.scitotenv.2023.162842

9. Han, Y., Ma, H., Liu, Y., Zhao, Y., Li, L. (2021). Effects of goat milk enriched with oligosaccharides on microbiota structures, and correlation between microbiota and short-chain fatty acids in the large intestine of the mouse. Journal of Dairy Science, Vol. 104, Issue 3, pp. 2773–2786. DOI:10.3168/jds.2020-19510

10. Joo, H. Y., Kim, J. W., Moon, J. H. (2020). Use of big data analysis to investigate the relationship between natural radiation dose rates and cancer incidences in Republic of Korea, nuclear engineering and technology. Vol. 52, Issue 8, pp. 1798–1806. DOI:10.1016/j.net.2020. 01.015

11. Alvarenga, P., Mourinha, C., Farto, M., Santos, T., Palma, P., Sengo, J., Morais, M.-C., Cunha-Queda, C. (2015). Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors, waste management. Vol. 40, pp. 44–52. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2015.01.027

12. Yang, X., Li, Q., Tang, Z., Zhang, W., Yu, G., Shen, Q., Zhao, F-J. (2017). Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China, waste management. Vol. 64, pp. 333–339. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2017.03.015

13. Hang, X., Wang, H., Zhou, J., Ma, C., Du, C., Chen, X. (2009). Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (Oryza sativa) in a typical area of the Yangtze River Delta, environmental pollution. Vol. 157, Issues 8–9, pp. 2542–2549. ISSN 0269-7491, DOI:10.1016/j.envpol.2009.03.002

14. Wu, L., Tan, C., Liu, L., Zhu, P., Peng, C., Luo, Y., Christie, P. (2012). Cadmium bioavailability in surface soils receiving long-term applications of inorganic fertilizers and pig manure, Geoderma. Vol. 173–174, pp. 224–230. ISSN 0016-7061, DOI:10.1016/j.geoderma. 2011.12.003

Assessment of the risk of animal feed and organic waste contamination by heavy metals

Portiannyk S.

Pollution of agroecosystems by heavy metals poses a significant threat to agricultural production in various countries of the world, including Ukraine. In the post-war period, the environmental situation will be more difficult. Timely assessment of environmental risk using the results of laboratory analysis of the feed of dairy cows and their organic waste for the content of ecotoxicants such as cadmium and lead obtained in scientific experiments is important. Correlation analysis is one of the methods of statistical data processing, which, if correctly applied with the use of modern computer programs, allows you to quickly establish the strength of the relationship between indicators and its statistical probability. Such research methods are used by scientists from the countries of the European Union, the USA, China, etc. countries Previous studies focused directly on the concentrations of contamination with heavy metals Cd, Pb, etc. animal feed and organic waste, but the relationship between them was not investigated. Scientific and economic experiments were conducted on dairy cows with different types of feeding. Animals were selected by the method of analogues for live weight and productivity. The diet included feed with an excess of cadmium and lead. The high biological activity of pollutants influenced their transition from ration fodder to products and organic waste. The purpose of the research was to analyze the correlation dependence between the content of Cd and Pb in feed for cows and their organic waste with an assessment of the risk of soil contamination by dangerous toxicants in the area of activity of agro-enterprises producing milk after the introduction of organic waste as organic fertilizer. With the help of the STATISTICA version 10.0 computer program, the Shapiro-Wilk's W test, the conformity of the obtained data of laboratory analyzes of feed and organic waste with the concentration of heavy metals, the law of "normal" distribution (Gaussian), and then the non-parametric Spearman rank correlation coefficient necessary in this case is selected for calculation. The analysis established a high r=0,66–0,75 (Cd) (p<0,05), r=0,66–0,77 (Pb) (p<0,05) and a very high r=0,83 (Cd) (p<0,05),

r=0,83 (Pb) (p<0,05) correlation dependence between the content of toxicants in feed and organic waste, which allows specialists to act quickly and effectively in production conditions, confidently use the method of environmental monitoring, forecast the environmental situation, assess environmental risks, including regarding conducting organic and biological agriculture and avoiding disturbance of the ecological balance of agro-ecosystems.

Key words: feed, organic waste, organic fertilizers, heavy metals, cadmium, lead, correlation, ecological risk, dairy cows.

Copyright: Портянник С. 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:
Портянник С. В. https://orcid.org/0000-0001-5716-7352

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.033:636.27(477):636.234

Забійні і м'ясні якості чистопородних і помісних бугайців української чорно-рябої молочної породи

Крук О. П., **Угнівенко А. М.**

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Крук О.П. E-mail: olgakruk2016@ukr.net

Крук О. П., Угнівенко А. М. Забійні і м'ясні якості чистопородних і помісних бугайців української чорно-рябої молочної породи. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 18–25.

Kruk O., Ugnivenko A. Slaughter and meat qualities of purebred and crossbred bulls of the Ukrainian Black-and-White Dairy breed. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 18–25.

Рукопис отримано: 26.02.2024 р.
Прийнято: 11.03.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-18-25

Прогнозування складу туш великої рогатої худоби має важливе значення як для виробничників, так і для переробників. Комерційна цінність туш пов'язана зі складом їх тканин (співвідношення м'язової, жирової та кісток). В Україні значну частку яловичини отримують від молочних порід. Вступ України до Європейського співтовариства вимагає відповідності національних стандартів оцінювання туш великої рогатої худоби світовим. У статті наведено результати досліджень якісних ознак туш 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи та її помісей з голштинською. Забій тварин провели в забійному цеху село Калинівка Броварського району Київської області. Різниця між групами бугайців за віком становила до 5 %. Після забою тварин визначили конформацію туш, відповідно до методики EUROP (2008). Згідно з класифікацією JMGA (2000), оцінювали колір м'язової та жирової тканин за використанням кольорової шкали від 1 до 7, а мармуровість m. longissimus dorsi між 12-м та 13-м ребром – за шкалою від 1 до 12. Чистопородні бугайці української чорно-рябої молочної породи мали тенденцію до переваги над помісями за живою і забійною масою. За морфологічним складом туш чистопородні тварини також мали тенденцію до переваги над своїми помісними однолітками за вмістом м'язової тканини, у тому числі вищого та першого сортів. Оцінювання якості туш дослідних тварин за світовими стандартами показало, що 21-місячні бугайці української чорно-рябої молочної породи отримали дещо вищий (на 6,7 %) бал за конформацію (м'ясистістю) туш та мармуровістю (на 12,9 %). Проте у них виявлялася тенденція до меншої (на 14,2 %) товщини жиру-поливу на туші та гірший (на 12,0 %) його розвиток.

Практичне значення даних полягає в отриманні знань щодо ознак забою, морфологічного складу та якісних ознак туш тварин молочних порід України, яких відгодовують господарства для забою, що їх використовують у світових практиках для визначення вартості туш.

Ключові слова: конформація, мармуровість, технологічні властивості яловичини, м'ясна продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вимірювання та прогнозування складу туш великої рогатої худоби має важливе значення як для тваринників, так і для науковців. Класифікація та подальша комерційна цінність туші пов'язана зі складом її тканин (співвідношення м'язової, жирової та кісток). В Україні значну частку яловичини отримують за відгодівлі бугайців молочних порід. Основним недоліком у їх вирощуванні є складність отримання оптимального вмісту жиру усередині м'язів, що впливає на показники якості яловичини, які цінують споживачі [1]. Вступ України до Європейського співтовариства вимагає відповідності національних стандартів оцінювання туш великої рогатої худоби світовим. У державах Євросоюзу яловичі туші класифікують за системою EUROP (2008), за якою описують їх конформацію (м'ясистість) (E, U, R, O, P) і полив зовнішнім жиром та його товщи-

ну [2]. У стандартах Японії (JMGA, 2000) [3], Кореї (MFAFF, 2007) [4], США (USDA, 2001) [5] та Австралії (MSA, 2015) [6] передбачено оцінювання яловичини за мармуровістю, кольором м'язової та жирової тканин. За ними встановлюють загальний клас якості туш та здійснюють рекомендації щодо використання конкретного відрубу у кулінарії. Тому актуальним є оцінювання забійних показників, морфологічного складу туш та їх якісних ознак, які використовуються у світових практиках для визначення вартості туш для тварин молочних порід України, яких відгодовують господарства для забою.

Зростання чисельності населення та покращення фінансового становища збільшують попит не лише на зростання виробництва продукції тваринництва, а й на покращення її якості. Світове виробництво м'яса зросло від 317 млн тонн з (2016 р.) до 350,5 млн тонн (2023 р.) [7]. За прогнозами FAO, воно ще зросте до 364 млн тонн [8]. Яловичина і телятина посідають третє місце за обсягом виробництва, поступаючись м'ясу птиці та свинини [9]. Необхідність задовольнити зростаючий попит на якісну яловичину, одночасно реагуючи на зміну клімату, є складним глобальним викликом, який потребує нових універсальних і сталих заходів [10]. Поживні характеристики яловичини залежать від породи і породності та віку забою [11]. У дослідженнях [12], проведених на місцевій худобі, встановлено значні прямолінійні кореляції між масою тіла та туші, розміром окосту та конформацією туші, зворотні з забійним виходом та вгодованістю туші, що необхідно використовувати у практиці управління через отримання генетичних, харчових та інших покращень яловичини. Проведені дослідження [13] підтвердили їх відмінності у зрілому віці великої рогатої худоби м'ясних, молочних та м'ясо-молочних порід. За досягнення тваринами зрілості швидкість росту м'язів зменшувалася в чотири рази, за одночасного зростання швидкості нарощування жиру. Відмінності у зрілому віці спостерігалися між худобою м'ясних, молочних та м'ясо-молочних порід за ростом мускулатури та розмірами стейків.

Метою дослідження було визначити ознаки забою, морфологічний склад та якість туш тварин української чорно-рябої молочної породи та її помісей з голштино-фризькою худобою.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження провели у фермерському господарстві (ФГ) «Журавушка» Броварського району Київської області на 21-місячних бугайцях української чорно-рябої молочної породи (УЧРМ) та їх помісей із голштинською (Г). Від народження до досягнення 4-місячного віку їх утримували у групах по 25 голів. За молочний період телятам випоїли 547,2 кг незбираного молока та 182,4 кг –знежиреного. У господарстві передбачали раннє згодовування їм концентрованих кормів і вільний доступ до сіна. Дорощування і відгодівлю тварин здійснювали на відгодівельних майданчиках. У господарстві потреби тварин у кормах забезпечували за рахунок власної кормової бази. На майданчику тварин розміщували, враховуючи їх вік. Бугайці мали вільний доступ до грубих, соковитих, зелених, концентрованих кормів та мінеральної підгодівлі, які згодовували із самогодівниць, згідно з розробленими раціонами. Живу масу тварин перед забоєм визначили зважуванням їх до і після 24-годинного голодування за вільного доступу до води. Забій худоби провели у забійному цеху села Калинівка, згідно з Європейським регламентом за № 1099/2009 від 24 вересня 2009 року «Про захист тварин під час умертвіння» [14]. Конформацію туш та їх жир-полив класифікували візуально, відповідно до методики EUROP (рис. 1).

Згідно з методикою JMGA (2000), провели оцінювання кольору м'язової (рис. 2) та жирової тканин (рис. 3) за використання кольорової шкали від 1 до 7.

Мармуровість m. longissimus dorsi визначали одразу після розділення напівтуш на четвертини (рис. 4).

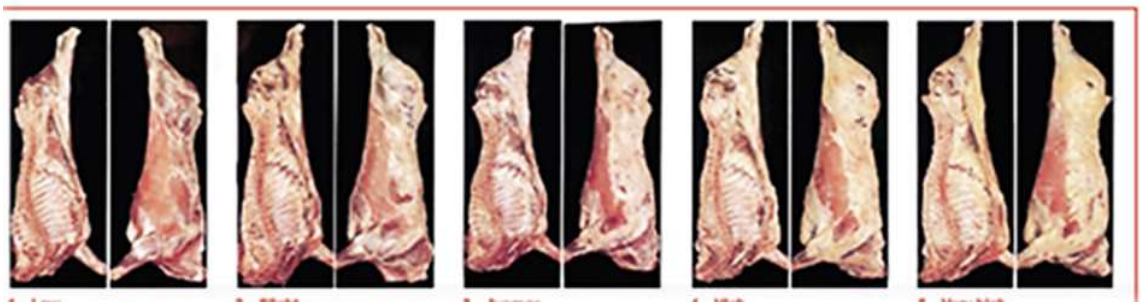
Статистичне оброблення отриманих даних проводили за Microsoft Exel 2016 у поєднанні з XLSTAT за відповідними методиками [15].

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз даних таблиці 1 вказує на те, що чистопородні бугайці української чорно-рябої молочної породи мали тенденцію до переваги над помісями за живою і забійною масою. У проведеному оцінюванні [16] туш різних генотипів великої рогатої худоби також не встановлено відмінностей за масою туш (із корегуванням на вік), її довжиною (з корегуванням на масу туші), площею «м'язового вічка», товщиною жиру-поливу та відсотком внутрішньом'язового жиру. Встановлено лише залежність за вказаними ознаками між породою та статтю тварин. У дослідженнях [17] визначали вплив забійної маси на характеристики туш бугайців голштино-фризької породи і встановили, що її збільшення сприяло значному покращенню довжини туш, довжини та ширини окосту.

Конформація

(E) (U) (R) (O) (P)

Жир-полив



1 2 3 4 5

Рис. 1. **Оцінка конформації туш та розвитку підшкірного жиру (EUROP, 2008).**

Рис. 2. **Оцінка кольору м'язової тканини (JMGA, 2000).**

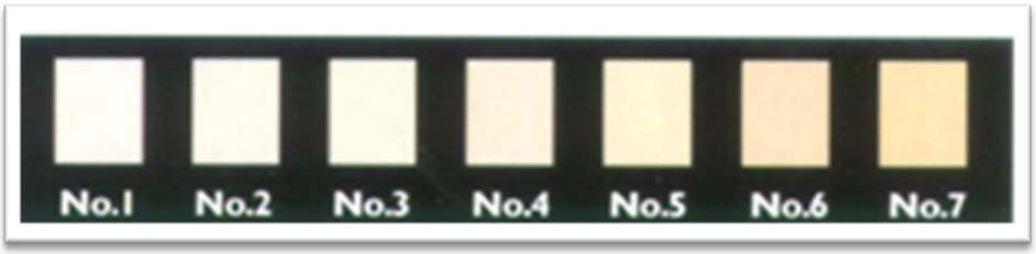


Рис. 3. **Оцінка кольору жирової тканини (JMGA, 2000).**

Чистопородні тварини мали тенденцію до переваги над помісними однолітками за масою та виходом м'язової тканини, зокрема, вищого та першого сортів. Крім того, у їх тушах був дещо вищий уміст жиру та сухожилок і зв'язок (табл. 2), що суперечить, отриманим даним іншими дослідниками [18]. Вивчаючи вплив концентрації енергії раціону та маси тварин перед забоєм на склад тканин туші та кількість відрубів яловичини, ці автори встановили, що вміст жиру в тушах зростав здебільшого за рахунок зниження кісток та частки м'язової тканини, тоді як кількість сухожилок залишалася незмінною. Аналізуючи частки різних сортів м'якуша в тушах тварин різних порід [19], встановлено, що вплив породи є незначним.

У результаті встановлено, що різні породи досягають забійної ваги в різний вік, і фермери визначають час забою, відповідно до виходу туші, а не віку. Проведені дослідження [20], зосереджені на смаку яловичини, визначили численні стратегії та методи управління, які можуть як позитивно, так і негативно впливати на смак яловичини. Встановлено, що жоден фактор не має більш сприятливого впливу на смак яловичини, ніж уміст мармуровості, причому відруби з більшим умістом мармуровості мають кращі смакові характеристики.

Рис. 4. **Оцінка мармуровості *m. longissimus dorsi* (JMGA, 2000).**

Таблиця 1 – **Ознаки забою 21-місячних чистопородних бугайців української чорно-рябої молочної породи та її помісей з голштинською,** M±m

Ознака	УЧРМ 21 міс. (n=13)	УЧРМ х Г 21 міс. (n=21)
Жива маса, кг	419±9,3	409±7,0
Жива маса після голодної витримки, кг	406±9,0	397±6,8
Забійна маса (туші), кг	185±4,0	181±3,2
Забійний вихід (туші), %	45,6±0,11	45,6±0,11

Таблиця 2 – **Морфологічний склад туш 21-місячних бугайців української чорно-рябої молочної породи та її помісей з голштинською,** M±m

Ознака	УЧРМ (n=13)	УЧРМ х Г (n=21)
М’язова тканина, кг	133,8±2,76	130,9±2,43
М’язова тканина, %	71,46±0,49	70,0±0,63
у т. ч. вищого сорту, кг	29,1±1,49	27,6±1,09
у т. ч. першого сорту, кг	61,9±1,39	60,0±1,23
у т. ч. другого сорту, кг	42,4±2,18	43,1±1,33
Маса жиру, кг	6,8±0,97	6,2±0,58
Вихід жиру, %	2,6±0,14	2,4±0,16
Сухожилки і зв’язки, кг	2,1±0,38	1,7±0,29
Сухожилки і зв’язки, %	1,1±0,24	0,84±0,15
Кістки, кг	43,7±1,20	43,0±0,82
Кістки, %	23,3±0,393	23,3±0,40

Таблиця 3 – **Якісні ознаки туш бугайців української чорно-рябої молочної породи та її помісей з голштинською,** M±m

Генотип тварин	Ознака					
	конформація	розвиток жиру-поливу	товщина жиру-поливу	мармуро-вість	колір м'язової тканини	колір жирової тканини
УЧРМ (n=13)	3,2±0,29	2,5±0,19	0,7±0,07	3,5±0,18	5,1±0,08	4,5±0,15
УЧРМхГ (n=21)	3,0±0,12	2,8±0,16	0,8±0,09	3,1±0,24	5,3±0,10	4,5±0,11

21-місячні бугайці української чорно-рябої молочної породи отримали дещо вищий (на 6,7 %) бал за конформацію (м'ясистістю) туш та мармуровістю (12,9 %), порівняно з помісними тваринами (табл. 4). Це узгоджується з [21]. Так, найнижчі бали, за класифікацією EUROP, присвоєно тушам помісних бугайців від польської чорно-рябої та голштино-фризької порід. У наших дослідженнях у чистопородних бугайців української чорно-рябої молочної породи дещо (14,3 %) менша товщина жиру-поливу на туші та нижчий (на 12,0 %) бал за його розвиток. Розвиток жирової тканини залежить від інбридингу [22], впливає позитивно на вираженість м'ясних форм [23] і не впливає на сенсорні властивості. За кольором жирової тканини відмінностей не спостерігали. Це підтверджує результати [24] про те, що порода мала відносно незначний вплив на колір підшкірного жиру.

Отже, схрещування української чорно-рябої молочної породи з голштинською впливає на якісні ознаки туш, зокрема покращується розвиток жиру-поливу його товщини та зростає яскравість кольору м'язової тканини.

Висновки. Чистопородні бугайці української чорно-рябої молочної породи переважали гібридів за живою масою, масою туші, забійною масою, проте забійний вихід у них був вищим. За морфологічним складом туші чистопородні тварини переважали своїх помісних однолітків за масою та виходом м'якоті вищого та першого сортів. Також їх туші мали вищий уміст внутрішнього жиру та сухожилок і зв'язок. Оцінювання туш дослідних тварин за світовими стандартами показало, що 21-місячні бугайці української чорно-рябої молочної породи отримали вищий бал за конформацію (м'ясистістю) туші та мармуровістю. Водночас мали меншу товщину жиру на туші та нижчий бал за жир-полив, щодо кольору м'язової та жирової тканин різниця була несуттєвою.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на вивчення впливу схрещування на сенсорні властивості яловичини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Nogalski Z., Modzelewska-Kapituła M., Tkacz K. Effects of Silage Type and Feeding Intensity on Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Holstein–Friesian Bulls. Animals. 2023. 13. 19. P. 3065–3078. DOI:10.3390/ani13193065.

2. Commission Regulation (EC). № 1249/2008 of 10 December 2008 laying down detailed rules on the implementation of the Community scales for the classification of beef, pig and sheep carcasses and the reporting of prices thereof. URL:https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9716803a-8887-4956-9877-629031ec7723/language-en.23.11.2018.

3. JMGA. Beef carcass grading standart. Japan meat grading association. Tokyo, Japan. 2000. URL:https://twinwoodcattle.com/sites/default/files/publications/2017-06/TWRA120_Japan_Beef_Carcass_Grading_Standard.pdf

4. Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries (MFAFF). Processing standard for meat products act, Grading, fabrication and cutting of beef carcass. Seoul, Korea: Ministry for Food, Agriculture, Forest and Fisheries. 2007. 82 p.

5. USDA. United States Standards for Grades of Feeder Cattle. 2001. URL:http://www.ams.usda.gov/lsg/stand/standards/fedr-cat2000.pdf. Accessed 2/8/ 04.

6. Meat Standards Australia (MSA). 2015. URL:https://www.mla.com.au/ marketing-beef-and-lamb/meat-standards-australia/

7. Statista. Production of Meat Worldwide from 2016 to 2023. URL:https:// www.statista.com/statistics/237644/global-meat-production-since-1990/ (accessed on 14 November 2023).

8. FAO. Meat and Meat Products. URL:https://www.fao.org/3/cc3020en/cc30 20en_meat.pdf (accessed on 14 November 2023).

9. Statista. Export Volume of Beef and Veal Worldwide from 2019 to 2023 by Country. URL:https://www.statista.com/statistics/617458/beef-and-veal-export-volu me-worldwide-by-country/ (accessed on 14 November 2023).

10. Soji-Mbongo Z., Mpendulo T. C. Knowledge Gaps on the Utilization of Fossil Shell Flour in Beef Production: A Review. Animals. 2024. 14. 2. P. 333–347. DOI:10.3390/ani14020333.

11. Beef nutritional characteristics, fat profile and blood metabolic markers from purebred Wagyu, crossbred Wagyu and crossbred European steers raised on a fattening farm in Spain / J. M. Vázquez-Mosquera et al. Animals. 2023. 13. 5. P. 864–883. DOI:10.3390/ani13050864.

12. Slaughter performances, body composition and carcass traits of indigenous Algerian cattle «Brune de l'Atlas» / D. E. Gherissi et al. Research Square Platform LLC. 2023. P. 1–22. DOI:10.21203/rs.3.rs-3346136/v1

13. Body, carcass, and steak dimensions of straightbred Holstein calves and Angus-sired calves from Holstein, Jersey and crossbred beef dams / L. K. Fuerniss et al. Journal of animal science. 2024. 101p. DOI:10.1093/jas/skad358.

14. Council Regulation (EC) No. 1099/2009 of September 24, 2009 on the protection of animals at the time of death. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_028-09#Text.

15. Осадча Ю. В. Математичні методи в біології. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 609 с.

16. Growth, carcass and meat quality characteristics of Charolais-sired steers and heifers born to Angus-cross-dairy and Angus breeding cows / L.W. Coleman et al. Meat Sci. 2023. 201. P. 109178–109185. DOI:10.1016/j.meatsci.2023.109178.

17. Effects of Slaughter Weight and Muscle Types on Carcass and Meat Quality Characteristics of Holstein Friesian Bulls / R. Kocyigit et al. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. 2023. 74. 4. P. 6669–6676. DOI:10.12681/ jhvms.31980.

18. Influence of dietary energy concentration and body weight at slaughter on carcass tissue composition and beef cuts of modern type Fleckvieh (German Simmental) bulls / A. C. Honig et al. Meat science. 2020. 169. P. 108209–108217. DOI:10.1016/j.meatsci.2020.108209.

19. Oyan O., Şenyüz H. H., Arköse C. Ç. Comparison of carcass weight and carcass characteristics in some cattle breeds. Research and Practice in Veterinary and Animal Science (REPVAS). 2024. 1. 1. P. 1–8.

20. A current review of US beef flavor II: Managing beef flavor / T. G. O'Quinn et al. Meat Science. 2024. 209. 109403. DOI:10.1016/j.meatsci.2023.109403

21. Effect of the genotype and ageing time on physicochemical parameters of skeletal muscles in young bulls fattened in a semi intensive system / P. Stanek et al. Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica. 2023. 22. 2. P. 3–16.

22. The yield of adipose tissue and by-products in the course of the slaughter of inbred and outbred bulls of the Ukrainian beef breed / A. Ugnivenko et al. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2022. 16. P. 307–319. DOI:10.5219/ 1758.

23. The expressiveness of meat forms of cattle depending on the content of adipose tissue under the skin and between the muscles / A. Ugnivenko et al. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2023. 17. P. 997–1008. DOI:10.52 19/1869.

24. Grass-based finishing of early-and late-maturing breed bulls within suckler beef systems: Performance, profitability, greenhouse gas emissions and feed-food competition / M. McGee et al. Livestock Science. 2024. 279. 105392. DOI:10.1016/j. livsci.2023.105392.

REFERENCES

1. Nogalski, Z., Modzelewska-Kapituła, M., Tkacz, K. (2023). Effects of Silage Type and Feeding Intensity on Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Holstein–Friesian Bulls. Animals, 13, 19, pp. 3065–3078. DOI:10.3390/ani13193065.

2. Commission Regulation (EC). № 1249/2008 of 10 December 2008 laying down detailed rules on the implementation of the Community scales for the classification of beef, pig and sheep carcasses and the reporting of prices there of. Available at:https://publications.europa.eu/en/publiccation-detail/-/publication/9716803a-8887-4956-9877-629031ec7723/language-en.23.11.2018.

3. JMGA. (2000). Beef carcass grading standart. Japan meat grading association. Tokyo. Japan. Available at:https://twinwoodcattle.com/sites/default/files/publications/201706/TWRA120_ Japan_Beef_Carcass_Grading_Standard.pdf.

4. Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries (MFAFF). (2007). Processing standard for meat products act, Grading, fabrication and cutting of beef carcass. Seoul, Korea: Ministry for Food, Agriculture, Forest and Fisheries, 82 p.

5. USDA. (2001). United States Standards for Grades of Feeder Cattle. Available at:http://www.ams.usda.gov/lsg/stand/standards/fedr-cat2000.pdf. Accessed 2/8/04.

6. Meat Standards Australia (MSA). (2015). Available at:https://www.mla.com.au/marketing-beef-and-lamb/meat-standards-australia/

7. Statista. Production of Meat Worldwide from 2016 to 2023. Available at: https://www.statista.com/statistics/237644/global-meat-production-since-1990/ (acessed on 14 November 2023).

8. FAO. Meat and Meat Products. Available at:https://www.fao.org/3/cc3020en/cc 3020en_meat.pdf (accessed on 14 November 2023).

9. Statista. Export Volume of Beef and Veal Worldwide from 2019 to 2023 by Country. Available at:https://www.statista.com/statistics/617458/beef-and-veal-export-volume-worldwide-by-country/ (accessed on 14 November 2023).

10. Soji-Mbongo, Z., Mpendulo, T. C. (2024). Knowledge Gaps on the Utilization of Fossil Shell Flour in Beef Production: A Review. Animals, 14, 2, pp. 333–347. DOI:10.3390/ ani14020333.

11. Vázquez-Mosquera, J. M., Fernandez-Novo, A., de Mercado, E., Vázquez-Gómez, M., Gardon, J. C., Pesántez-Pacheco, J. L.,. Revilla-Ruiz, Á, Patrón-Collantes, R, Maria, L. Pérez-Solana, M. L., Villagrá, A., Martínez, D., Sebastián, F., Pérez-Garnelo, S. S., Astiz, S. (2023). Beef nutritional characteristics, fat profile and blood metabolic markers from purebred Wagyu, crossbred Wagyu and crossbred European steers raised on a fattening farm in Spain. Animals, 13, 5, pp. 864–883. DOI:10.3390/ani13050864.

12. Gherissi, D. E., Lamraoui, R., Chacha, F., Chergui, M., Titaouine, M., Gaouar, S. B. S. (2023). Slaughter performances, body composition and carcass traits of indigenous Algerian cattle «Brune de l'Atlas». Research Square Platform LLC, pp. 1–22. DOI:10.21203/rs.3.rs-3346136/v1

13. Fuerniss, L. K., Young, J. D., Hall, J. R., Wesley, K. R., Bowman, S. M., Felizari, L. D., Woerner, D. R., Rathmann, R. J., Johnson, B. J. (2024). Body, carcass, and steak dimensions of straightbred Holstein calves and Angus-sired calves from Holstein, Jersey and crossbred beef dams. Journal of animal science, 101 p. DOI:10.1093/jas/skad358.

14. Council Regulation (EC) No. 1099/2009 of September 24, 2009 on the protection of animals at the time of death. Available at:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_028-09#Text.

15. Osadcha, Yu. V. (2021). Matematychni metody v biologii' [Matematical methods in biology]. Kyiv: CPU "Comprint", 609 p. (In Ukrainian).

16. Coleman, L. W., Schreurs, N. M., Kenyon, P. R., Morris, S. T., Hickson, R. E. (2023). Growth, carcass and meat quality characteristics of Charolais-sired steers and heifers born to Angus-cross-dairy and Angus breeding cows. Meat Sci. 201, pp. 109178–109185. DOI:10.1016/j. meatsci.2023.109178.

17. Kocyigit, R., Yanar, M., Özdemir, V. F., Aydin, R., Diler, A. (2023). Effects of Slaughter Weight and Muscle Types on Carcass and Meat Quality Characteristics of Holstein Friesian Bulls. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 74, 4, pp. 6669–6676. DOI:10.12681/jhvms. 31980.

18. Honig, A. C., Inhuber, V., Spiekers, H., Windisch, W., Götz, K. U., Ettle, T. (2020). Influence of dietary energy concentration and body weight at slaughter on carcass tissue composition and beef cuts of modern type Fleckvieh (German Simmental) bulls. Meat science. 169, pp. 108209–108217. DOI:10.1016/j.meatsci.2020.108209.

19. Oyan, O., Şenyüz, H. H., Arköse, C. Ç. (2024). Comparison of carcass weight and carcass characteristics in some cattle breeds. Research and Practice in Veterinary and Animal Science (REPVAS). 1, 1, pp. 1–8.

20. O'Quinn, T. G., Legako, J. F., Woerner, D. R., Kerth, C. R., Nair, M. N., Brooks, J. C., Lancaster, J. M., Miller, R. K. (2024). A current review of US beef flavor II: Managing beef flavor. Meat Science. 209, 109403. DOI:10.1016/j. meatsci.2023.109403

21. Stanek, P., Domaradzki, P., Żółkiewski, P., Florek, M., Januś, E., Kowalczyk, M. (2023). Effect of the genotype and ageing time on physicochemical parameters of skeletal muscles in young bulls fattened in a semi intensive system. Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica. 22, 2, pp. 3–16.

22. Ugnivenko, A., Kos, N., Nosevych, D., Mushtruk, M., Slobodyanyuk, N., Zasukha, Y., Otchenashko, V., Chumachenko, I., Gryshchenko, S., Snizhko, O. (2022). The yield of adipose tissue and by-products in the course of the slaughter of inbred and outbred bulls of the Ukrainian beef breed. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 16, pp. 307–319. DOI:10.5219/1758

23. Ugnivenko, A., Kruk, O., Nosevych, D., Antoniuk, T., Kryzhova, Y., Gruntovskyi, M., Prokopenko, N., Yemtcev, V., Kharsika, I., Nesterenko, N. (2023). The expressiveness of meat forms of cattle depending on the content of adipose tissue under the skin and between the muscles. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 17, pp. 997–1008. DOI:10.5219/1869.

24. McGee, M., Regan, M., Moloney, A. P., O'Riordan, E. G., Lenehan, C., Kelly, A. K., Crosson, P. (2024). Grass-based finishing of early-and late-maturing breed bulls within suckler beef systems: Performance, profitability, greenhouse gas emissions and feed-food competition. Livestock Science. 279, 105392. DOI:10.1016/j.livsci.2023.105392.

Slaughter and meat qualities of purebred and crossbred bulls of the Ukrainian Black-and-White Dairy breed

Kruk O., Ugnivenko A.

Predicting the composition of cattle carcasses is crucial for both producers and processors. The commercial value of carcasses is related to the composition of their tissues (the ratio of muscle, fat and bone). Ukraine, with a significant portion of beef from dairy breeds, must align national carcass evaluation standards with international norms due to its accession to the European Community. The article presents the results of studies of the qualitative characteristics of carcasses of 21-month-old bulls of the Ukrainian Black-and-White dairy breed and its crossbreds with Holstein. The animals were slaughtered in a slaughterhouse in the village of Kalynivka, Brovary district, Kyiv region. The difference between the groups of bulls by age was up to 5 %. After slaughtering the animals, the conformation of the carcasses was determined in accordance with the EUROP (2008) methodology. According to the JMGA classification (2000), the colour of muscle and adipose tissue was assessed using a colour scale from 1 to 7, and the marbling of the m. longissimus dorsi between the 12th and 13th rib was assessed on a scale from 1 to 12. Purebred bulls of the Ukrainian Black-and-White Dairy breed tended to be superior to crossbreds in terms of live and slaughter

weight. According to the morphological composition of carcasses, purebred animals also tended to be superior to their mixed peers in terms of muscle tissue content, including the highest and first grades. Evaluation of the quality of carcasses of experimental animals according to world standards showed that 21-month-old bulls of the Ukrainian Black-and-White dairy breed received a slightly higher score (by 6.7 %) for carcass conformation (meatiness) and marbling (by 12.9 %). However, they tended to have a smaller (by 14.2 %) thickness of fat on the carcass and a lower (by 12.0 %) development of fat.

The practical significance of the data is to obtain knowledge about the signs of slaughter, morphological composition and quality characteristics of carcasses of dairy animals of Ukraine, which are fed by farms for slaughter, which are used in world practices to determine the value of carcasses.

Key words: conformation, marbling, technological properties of beef, meat productivity.

Copyright: Крук О. П., Угнівенко А. 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:
Крук О. П. https://orcid.org/0000-0001-9975-8994
Угнівенко А. М. https://orcid.org/0000-0001-6278-8399

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 638.124.428.144.54

Технологічні прийоми обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток в умовах медозбору

Міщенко О. А.[1], Литвиненко О. М.[1], Боднарчук Г. Л.[1], Романенко Л. І.[1], Афара К. Д.[1], Криворучко Д. І.[2]

[1] ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича»
[2] Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: Міщенко О. А. honey72@i.ua; Литвиненко О. М. alesyasandra@ukr.net

Міщенко О. А., Литвиненко О. М., Боднарчук Г. Л., Романенко Л. І., Афара К. Д., Криворучко Д. І. Технологічні прийоми обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток в умовах медозбору. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 26–33.

Mishchenko O., Lytvynenko O., Bodnarchuk G., Romanenko L., Afara K., Kryvoruchko D., Technological methods of limiting the reproductive activity of queen bees in conditions of honey collection. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 26–33.

Рукопис отримано: 29.01.2024 р.
Прийнято: 12.02.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-26-33

Дослідження біологічних особливостей розвитку бджолиних сімей, етології бджіл, впливу різних чинників на їх життєдіяльність сприяє розробленню та впровадженню в практику нових високоефективних технологій утримання й розмноження.

Особливу зацікавленість викликає дослідження стимулювального впливу різної кількості різновікового розплоду в гнізді бджолиної сім'ї на трофічні зв'язки медоносних бджіл з біологічним розмаїттям ентомофільних рослин, зміна фізіологічних показників різних генерацій бджіл у сучасних мінливих природно-кліматичних умовах нестабільних екотипів.

У представленій роботі наведено дані експериментальних досліджень щодо впливу на біологічний потенціал бджолиних сімей різних технологічних прийомів регулювання репродуктивної діяльності бджолиних маток.

Метою роботи є дослідження технологічних прийомів регулювання репродуктивної діяльності бджолиних маток.

Використано наступні методи дослідження: зоотехнічні (підбір груп аналогів, ознаки чистопородності бджіл, облік розплоду), аналітичні (аналіз даних літератури й результатів досліджень) та статистичні. Біометричну обробку даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій.

У результаті дослідження встановлено, що від бджолиних сімей, де обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток здійснювалось за допомогою кліточки-ізолятора, були максимальні показники продуктивності. Доведено, що тривале (від 15 і більше діб) обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток негативно позначається на силі бджолиних сімей і їх підготовці до тривалого стану гіпобіозу.

Встановлено, що між вирощуванням розплоду бджолиними сім'ями та їх продуктивністю існує складний взаємозв'язок. Відсутність розплоду призвела до зростання надходження нектару тільки протягом 12–15-ти діб. Наразі через відсутність поповнення молодими бджолами бджолині сім'ї втратили силу й ослабли. Доведено, що найбільш ефективним технологічним прийомом регулювання репродуктивної діяльності бджолиних маток у корпусних вуликах є розділові грати та обов'язкова наявність різновікового розплоду. Для ефективного використання медозбору важливо не тільки наростити максимальну кількість бджіл до початку головного медозбору, але й вчасно обмежити годівлю великої кількості личинок, коли в них вже немає потреби. За короткого медозбору необхідно обмежувати репродуктивну діяльність бджолиної матки, а за тривалого – її слід обмежувати лише у другу половину медозбору.

Ключові слова: бджолина сім'я, українська степова порода, ізоляція, розплід, репродуктивна діяльність, медозбір, медова продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Початок формування медоносної бджоли як виду пов'язаний з розвитком медоносної рослинності. Життя медоносної бджоли узгоджене з ентомофільними рослинами, тому що вони забезпечують комах основними продуктами живлення – нектаром і пилком. Інтенсивність яйцекладки бджолиної матки залежить від наявності в їх раціоні не тільки нектару, а й пилку рослин. Дві глобальні проблеми екології впливають безпосередньо на бджільництво та якість продукції: потепління і зміна умов існування бджіл внаслідок антропогенного впливу [1, 2]. Відомо, що медоносні бджоли є найчутливішими до екологічного стану природного середовища. Бджоли та продукція бджільництва здатні селективно акумулювати деякі важкі метали, радіоактивні речовини, пестициди й інші забруднювачі [3, 4, 5]. Встановлено, що навіть незначна концентрація деяких токсичних речовин у воді, повітрі, нектарі або пилку медоносних рослин часто призводить до масового ураження та загибелі бджіл. Бджолина сім'я, збираючи сировину для своєї продукції на ділянці площею 12–28 км^2, несе інформацію про екологічний стан території в радіусі 2–3 км навколо вулика [6, 7, 8].

Для збільшення економічного потенціалу пасік велике значення має підвищення продуктивності бджіл, яка значною мірою залежить від яйценосності бджолиних маток [9]. Яйценосність бджолиних маток залежить від багатьох чинників, серед яких: порода бджіл, вік, якість і кількість маточного молочка, яким їх годують бджоли-годувальниці, вік племінних личинок, спосіб, умови репродукції і запліднення бджолиних маток, кормова база, технологія ведення бджільництва, погодні умови [10, 11].

Водночас залишається ще багато нез'ясованих питань щодо функціональної активності репродуктивної системи бджолиних маток.

На сучасному етапі ведення бджільництва для підвищення продуктивності та економічного потенціалу бджолиних сімей ведеться пошук нових ефективних способів корекції і стимулювання репродуктивної здатності бджолиних маток. Тому дослідження регулювання репродуктивної діяльності бджолиних маток різними технологічними прийомами у мінливих природно-кліматичних умовах становить певний практичний та науковий інтерес і є актуальним на сьогодні.

Мета дослідження: дослідження технологічних прийомів регулювання репродуктивної діяльності бджолиних маток.

Матеріал і методи дослідження. Поставлені в роботі завдання вирішувались експериментально з використанням таких методів: зоотехнічних (ознаки чистопородності бджіл, облік кількості розплоду); статистично-математичних (обрахунок вірогідності, похибок середньоарифметичного); аналітичних (огляд літератури, узагальнення результатів).

Виконано дослідження в умовах товарної пасіки з виробництва меду в Київській області. Бджолині сім'ї відповідали вимогам стандарту української степової породи (*Apis mellifera sossimai*), що було підтверджено результатами оцінки екстер'єру [12, 13]. Оцінку бджолиних сімей проводили за характерними для української степової породи біологічними ознаками: колір хітинового покриву, поведінка під час огляду гнізда, характер запечатування меду, злобливість. Крім того, звертали увагу на господарсько-корисні ознаки: силу бджолиної сім'ї, відсутність пропусків у печатному розплоді, наявність захворювань. Догляд за бджолиними сім'ями дослідних груп проводили однаково, згідно з загальноприйнятими методиками [14].

Дослідження проводили відповідно до положень «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним Конгресом з біоетики [15] та «Європейської конвенції про захист тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» [16].

Сформовано чотири дослідні групи бджолиних сімей по 3 бджолині сім'ї в кожній групі: контрольна; *I група* – обмежили репродуктивну діяльність бджолиних маток шляхом ізоляції в гніздовому корпусі розділовими гратами; *II група* – бджолині матки ізолювали до кліточки-ізолятора зі сторонами роздільної решітки з отворами розміром 4,2 мм; *III група* – бджолині матки на трьох стільниках ізолювали в рамкових ізоляторах також з отворами 4,2 мм. Тривалість обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток різними технологічними способами становила 24 доби.

Групи бджолиних сімей використовували на медозборі з гречки, який розпочався 23 червня. Перед початком досліду у всіх бджолиних сім'ях провели облік кількості розплоду. Облік кількості розплоду визначали за допомогою рамки-сітки, яка розділена на комірки розміром 5х5 см. Один квадрат такої сітки вміщує 100 бджолиних комірок. Для обліку запечатаного розплоду почергово оглядали усі рамки гнізда сім'ї, на яких він зосереджений. На кожну зі сторін стільника прикладали рамку-сітку і підраховували кількість цілих квадратів із розплодом.

Досліджуючи медозбірні умови, визначали видовий склад медоносів. Медопродуктивні умови та нектароносні властивості рослин оцінювали за даними про величину взятку – це кількість нектару, який надходить у вулик за один день або за певний період цвітіння тих чи інших медоносів. Масу кормового меду визначали розрахунковим методом, виходячи з того, що заповнений медом стільник розміром 300х435 мм містить 3,5 кг меду. Кількість товарного меду визначали зважуванням його на вагах ВШП-150 після відкачування зі стільників.

Статистичну обробку одержаних цифрових даних проводили за допомогою програми MS Excel. При порівнянні досліджуваних показників та їх міжгрупових різниць використовували t-критерій Стьюдента. Результати середніх значень вважали статистично значущими за $p<0,05$.

Результати дослідження та обговорення. На льотну активність робочих бджіл впливає наявність або відсутність розплоду в гнізді бджолиної сім'ї. Відсутність розплоду сповільнює заготівлю пилку, виділення воску та будівництво стільників, збір нектару, а потім ці роботи зовсім припиняються. За появи розплоду всі функції бджолиної сім'ї як цілісної біологічної системи поновлюються. Така поведінка бджіл у період відсутності бджолиної матки є важливим біологічним пристосуванням, що дає змогу зберегти силу і здатність бджіл до вирощування великої кількості розплоду. Незважаючи на добре виражену біологічну особливість бджіл виконувати роботи, притаманні їх віку, бджолина сім'я має велику пластичність і цінну властивість робочих бджіл, незалежно від віку, швидко переключатися з одного виду робіт на інші, більш необхідні для сім'ї на певний час за раптових змін зовнішнього середовища. У разі сильного взятку, коли бджолина сім'я намагається запасти якомога більше корму, бджоли-годувальниці переключаються на прийом нектару та його переробку, а їхні функції починають виконувати молодші бджоли. За невеликих резервів льотних бджіл у медозбір можуть включатися ті бджоли, які лише недавно зорієнтувалися на місцевості, і не брали участі у побудові стільників. Між кількістю розплоду, що вирощується в бджолиних сім'ях, і масою нектару, що збирають бджоли, спостерігається прямий зв'язок. Добре використовують медозбір ті бджолині сім'ї, які у цей час вигодовують мало личинок та мають багато молодих бджіл. Під час медозбору до 70 % робочих бджіл сім'ї працюють на збиранні та переробці нектару. Розплід у запечатаному вигляді не впливає на льотно-збиральну активність бджіл, бджоли не відволікаються на догляд за ним та активно працюють на медозборі. За рахунок печатного розплоду бджолина сім'я щодня поповнюється молодими особинами, нарощуючи кількість бджіл.

На початку медозбору у бджолиних сім'ях всіх дослідних груп була майже однакова кількість розплоду (табл. 1).

Дані таблиці показують суттєве зменшення площі розплоду в ІІ-й групі бджолиних сімей після ізоляції бджолиних маток. Станом на 17 липня у них був повністю відсутній розплід, порівняно з контрольною групою бджолиних сімей та І- і ІІІ- групами. Упродовж одного місяця, на переході від літа до осені, за даними обліку, бджолині сім'ї ІІ-ї групи, де бджолині матки не могли виконувати репродуктивну функцію, відставали за кількістю розплоду, маючи під кінець пасічницького сезону 62 проти 96 квадратів (сотень комірок) розплоду, що на 35,4 % менше, ніж у контрольній групі бджолиних сімей та на 26,7 % менше, ніж в І-й дослідній групі і, відповідно, на 13,9 % – ніж у ІІІ-й дослідній групі. Це означає, що тривале, від 15 і більше діб, обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток негативно позначилось на силі бджолиних сімей та їх підготовці до тривалого стану гіпобіозу.

Таблиця 1 – **Площа розплоду в гніздах бджолиних сімей за різних умов досліду, квадратів розміром 5х5 см**

Група бджолосімей	23.06	05.07	17.07	29.07	10.08	22.08
Контроль	155±4,65	181,3±3,68	135±3,49	129,67 ± 2,13*	106,67 ± 3,87*	96 ± 2,90*
І дослідна група	171,67±1,94	179,33 ± 2,52*	140±2,90*	121,33 ± 1,55*	96,67±3,87*	84,67±5,03*
ІІ дослідна група	165±5,81	39,67±4,45*	0±0*	96,67 ± 4,25*	88 ± 1,74*	62 ± 6,39*
ІІІ дослідна група	169,33±1,94	53±4,65*	108±6,96*	79 ± 4,07*	61,33 ± 6,58*	72 ± 4,07*

Проаналізувавши дані продуктивності бджолиних сімей на медозборі (табл. 2), виявили, що найбільш ефективним технологічним прийомом регулювання репродуктивної діяльності бджолиних маток є обмеження їх за допомогою розділових грат та наявність різновікового розплоду в гніздах бджолиних сімей. Перебуваючи постійно в контакті з бджолиною маткою, бджоли зберегли високу працездатність і основну увагу приділяли не вирощуванню личинок, а збиранню нектару та переробці його в мед.

слабших бджолиних сім'ях. Також бджолині матки збільшували розмір яйця у відповідь на дефіцит їжі. Ці результати відображають активне коригування розподілу ресурсів маткою у відповідь на умови існування сім'ї. Як наслідок, більші яйця мали вищу подальшу виживаність, ніж менші, що свідчить про те, що бджолині матки можуть збільшити розмір яйця за несприятливих умов, щоб підвищити виживання розплоду та мінімізувати догляд за ним і у такий спосіб зберегти енергію бджолиної сім'ї [18].

Таблиця 2 – **Продуктивність бджолиних сімей, кг**

Показник		контроль	I дослідна група (розділові грати)	II дослідна група (кліточка-ізолятор)	III дослідна група (ізолятор 3 рамки)
Мед, кг	Кормовий	13,17 ± 1,14	13,5 ± 1,74	14,9 ± 1,28	15,17 ± 2,34
	Товарний	**9,1± 0,81**	**12,47 ± 0,66***	**15,63 ± 0,45***	**13,67 ± 0,68***

Отже, від бджолиних сімей дослідної групи, де обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток здійснювалось з допомогою кліточки-ізолятора, спостерігаються максимальні показники продуктивності, які становлять 15,63 кг, що на 71,7 % більше, ніж показники контрольної групи. Відсутність розплоду сприяла збільшенню надходження нектару, але тільки упродовж перших 12–15-ти діб. Надалі через відсутність поповнення молодими бджолами бджолині сім'ї втратили силу та ослабли. У III-й групі медова продуктивність зросла на 50,2 %, у I-й групі, відповідно, на 37 %.

Наукові дослідження у галузі бджільництва спрямовані на інтенсивний пошук нових способів і засобів коригування репродуктивної активності бджолиних маток.

Так, І. І. Ковальчук, І. І. Двилюк зазначають про доцільність застосування цитратів Ag та Cu для стимулювання життєдіяльності бджолиних сімей та підвищення репродуктивної здатності бджолиних маток у період інтенсивного відкладання ними яєць шляхом підгодівлі бджіл цукровим сиропом з додаванням цитратів Ag і Cu, одержаних за допомогою методу нанотехнологій. При цьому кількість відкладених бджоломатками яєць зростала на 6,1 % і 7,9 % у дослідних группах, порівняно з контролем [17].

За даними E. Amir et al. (2020), на розміри яєць, відкладених матками, впливають сила сім'ї, порода бджіл, надходження нектару і пилку. Матки різних порід відкладали яйця різного розміру. У сильних сім'ях матки відкладають яйця меншого розміру, ніж у

Дослідження показують, що додавання біомаси та екстрактів мікроводоростей підвищило швидкість відкладання яєць матками медоносних бджіл. Бджолині матки з сімей, яким давали Oocystis borgei Snow, реагували зростанням 24-годинної швидкості відкладання яєць на 8,3 %, порівняно з контрольною групою, та зростанням на 6,6 %, порівняно з сім'ями, яких годували цукровою пастою з додаванням спіруліни [19]. Матки з сімей, яких годували цукровою пастою, що містить Scenedesmus quadricauda, продемонстрували зростання несучості на 7,8 %, порівняно з контрольною групою, яку годували цукровою пастою, і на 6,2 %, порівняно з сім'ями, яких годували пастою спіруліни. Матки з сімей, яких годували цукровим сиропом із додаванням Chlorella vulgaris, продемонстрували зростання 24-годинного відкладання яєць на 6,4 %, порівняно з контрольними сім'ями, яких не годували, і збільшення на 12,7 %, порівняно з контрольними сім'ями, яких годували цукровим сиропом [20].

Підвищену медову продуктивність виявлено у групі бджолиних сімей, де бджолиних маток старшого віку замінили на молодих плідних. Цей варіант заміни характеризується мінімальною тривалістю періоду перехідних процесів у бджолиних сім'ях [21].

Згодовування бджолам цукрового сиропу з додаванням цитрату Mg, одержаного за допомогою методу нанотехнологій, покращує мінеральний обмін в організмі робочих бджіл і забезпечує зростання вмісту біологічно активних речовин у маточному молочку та стимулює інтенсивність відкладання яєць бджолиними

матками. Кількість відкладених яєць за добу у дослідній групі була вищою на 1,4 %, порівняно з контрольною групою [22].

За умов обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток під час медозбору і зростання надходження нектару у вулик бджолам необхідна додаткова площа стільників для складання й перероблення нектару. Необхідність додаткової площі стільників випливає з інстинкту бджіл складати нектар на період дозрівання лише в невеликій кількості в комірки, заповнюючи їх на одну третину об'єму, щоб полегшити випаровування вологи. Бджоли займають для розміщення нектару в 3 рази більшу площу стільників, порівняно з площею, яка знадобиться для розміщення зрілого меду. Відомо, що в середньому основна маса нектару за сприятливих умов погоди згущується за п'ять діб. На крайніх стільниках це згущення затягується надовше. Одна комірка глибиною 12 мм вміщує 0,43 г меду. Отже, в перший день у комірці буде 0,14 г нектару, на третій день наповненість комірок подвоїться і становитиме 0,28 г, а на шостий день комірки будуть заповнені майже повністю – 0,40 г. Виходячи з цього, можна обчислити кількість комірок, необхідних для розміщення та переробки нектару.

Висновки. Між вирощуванням розплоду бджолиними сім'ями та їх продуктивністю існує прямий взаємозв'язок. Аналіз отриманих даних свідчить про те, що наявність бджолиних яєць та личинок стимулює заготівлю корму бджолами, отже, бджолиний розплід є потужним стимулятором для бджіл-збирачок нектару. Льотна активність бджіл прямо пов'язана з кількістю відкритого розплоду не тільки тому, що розплід треба годувати, й тому, що для майбутніх генерацій бджіл потрібно заготовляти корм.

У групі бджолиних сімей, де обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток здійснювалось з допомогою кліточки-ізолятора, спостерігаються максимальні показники продуктивності, які, проте, негативно позначаються на силі бджолиних сімей і їх підготовці до тривалого стану гіпобіозу.

Порівняльний аналіз продуктивності бджолиних сімей на медозборі виявив, що найбільш ефективним біотехнологічним прийомом регулювання репродуктивної діяльності бджолиних маток у корпусних вуликах є обмеження їх за допомогою розділових грат та обов'язково – наявність різновікового розплоду.

Для ефективного використання медозбору важливо не тільки наростити максимальну кількість бджіл до початку головного медозбору, а й вчасно обмежити годівлю великої кількості личинок, коли в них вже немає потреби, оскільки вирощені бджоли народжуються після закінчення медозбору. За короткого медозбору необхідно обмежувати репродуктивну діяльність бджолиної матки на його початку, а за тривалого – її слід обмежувати лише у другу половину медозбору.

Не можна обмежувати репродуктивну діяльність бджолиної матки, коли медозбір зміщується на період нарощування бджіл до зимівлі. Таке обмеження призводить до зменшення сили бджолиних сімей та різкого погіршення результатів зимівлі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Безпалий І. Ф., Постоєнко В. О., Поліщук А. А. Біотехнологічні чинники етології бджіл під час збирання нектару. Вісник ПДАА. Полтава: 5 ПДАА, 2021. Вип. 2. С. 188–193. DOI:10.31210/visnyk2021.02.23

2. Федорук Р. С., Романів Л. І. Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі бджіл борошном з бобів сої нативного та трансгенного сортів. Біологія тварин. 2013. Т. 15. № 3. С. 140–149.

3. Особливості гістолізму та гістогенезу в інтервалі життєвих температур в організмі медоносної бджоли (*Apis mellifera L.*) у постембріональний період / Ю. Ковальський та ін. Український екологічний журнал. 2018. Том 8. № 2. С. 301–307. DOI:10.15421/2018_342.

4. Вплив промисловості на вміст жирних кислот у тканинах голови медоносної бджоли / В.Й. Вішур та ін. Український екологічний журнал. 2019. Том 9. № 3. С. 174–179. DOI:10.15421/2019_727.

5. Brodschneider R., Crailsheim K. Nutrition and health in honey bees. Apidologie. 2010. 41 (3). P. 278–294. DOI:10.1051/apido/2010012.

6. Яценко О. М. Вплив глобалізації на тенденції розвитку вітчизняного ринку бджільництва. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2012. № 2 (2). С. 280–295. URL:http://nbuv. gov.ua/UJRN/Vzhnau_2012_2%282%29_32.

7. Баглей О. В. Оцінка екологічного стану територій за допомогою продуктів бджільництва: матеріали XII міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах СНД»: зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 2013. 24 с.

8. Дубін О. М., Василенко О. В. Оцінка якості продукції бджільництва в сучасних екологічних умовах Черкаської області. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2017. № 1. С. 12–16.

9. Rangel J., Keller J. J., Tarpy D. R. The effects of honey bee (*Apis mellifera L.*) queen reproductive potential on colony grows. Insectes Sociaux. 2013. Vol. 60. P. 65–73. DOI:10.1007/s00040-012-0267-1.

10. Pestovsky Y. S., Martínez-Antonio A. The use of nanoparticles and nanoformulations in agriculture.

Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2017. Vol. 17. Issue 12. P. 8699–8730. DOI:10.1166/jnn.2017.15041.

11. Двилюк І. І., Ковальчук І. І., Двилюк І. В. Особливості функціонування репродуктивної системи бджолиних маток за умов згодовування цитратів аргентуму та купруму. Біологія тварин. 2019. Том. 21. № 3. С. 33–41. DOI:10.15407/animbiol21.03.033

12. Поліщук В. П., Головецький І. І., Метлицька О. І., Скрипник В. В. Методичні рекомендації з оцінювання чистопородності бджіл та створення внутрішньопородного типу. Київ: Астон, 2009. 20 с.

13. Практикум з годівлі сільсько- господарських тварин / І. І. Ібатуллін та ін. Київ: Вища освіта, 2003. 432 с.

14. Броварський В., Бріндза Я., Отченашко В. Дослідна справа у бджільництві: навчальний посібник. К.: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2020. 196 с.

15. Резніков О. Г. Загальні етичні принципи експериментів на тваринах. Перший національний конгрес з біоетики. Ендокринологія. 2003. Том 8. № 1. С. 142–145.

16. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Council of Europe, Strasbourg. 1986. 53 p.

17. Ковальчук І. І., Двилюк І. І. Репродуктивна здатність бджолиних маток за умов підгодівлі цитратами Аргентуму і Купруму. Біологія тварин. 2017. Том 19. № 2. С. 30–36. DOI:10.15407/animbiol19.02.030

18. Egg-size plasticity in Apis mellifera: Honey bee queens alter egg size in response to both genetic and environmental factorsc / E. Amiri et al. Journal of Evolutionary Biology. 2020. 33 (4). P. 534–543. DOI:10.1111/jeb.13589

19. Nichols B. J., Ricigliano V. A. Uses and benefits of algae as a nutritional supplement for honey bees. Frontiers in Sustainable Food Systems. 2022. Vol. 6. 6:1005058. DOI:10.3389/fsufs.2022.1005058

20. Cebatori V., Buzu I., Gliga O., Postolachi O. New nutritional supplements for bees during deficient harvesting periods. Lucrări Ştiinţific —Universitatea de Ştiinţe Agricole Şi Medicină Veterinară. Seria Zootehnie. 2017. Vol. 67. P. 73–80. URL:https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173233302

21. Міщенко О. А., Литвиненко О. М., Афара К. Д., Криворучко Д. І. Ізоляція та заміна бджолиних маток за умов медозбору. Вісник аграрної науки. 2022. № 8. (832). С. 44–52. DOI:10.31073/agrovisnyk202207-05

22. Androshulik R. L., Kovalchuk I. I. Reproductive ability of bee queens and productivity of bees feeding magnesium citrates. Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology. 2023. Vol. 24. No 2. P. 25–32. DOI:10.36359/scivp.2023-24-2.02

REFERENCES

1. Bezpalyi, I. F., Postoienko, V. O., Polishchuk, A. A. (2021). Biotekhnolohichni chynnyky etolohii bdzhil pid chas zbyrannia nektaru. [Biotechnological factors of bees'ethology during nectar collection]. Visnyk PDAA [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. Poltava: 5 PDAA, Issue 2, pp. 188–193. DOI:10.31210/visnyk2021.02.23 (in Ukrainian).

2. Fedoruk, R. S., Romaniv, L. I. (2013). Reproduktyvna zdatnist bdzholynykh matok za umov pidhodivli bdzhil boroshnom z bobiv soi natyvnoho ta transhennoho sortiv [Reproductive ability of queen bees under the conditions of feeding bees with flour from soybeans of native and transgenic varieties]. Biolohiia tvaryn [The Animal Biology], Vol. 15, no. 3, pp. 140–149. (in Ukrainian).

3. Kovalskyi, Yu., Hutsol, A., Hutyi, B., Soboliev, O., Kovalska, L., Myronovych, A. (2018). Osoblyvosti histolizmu ta histohenezu v intervali zhyttievykh temperatur v orhanizmi medonosnoi bdzholy (*Apis mellifera L.*) u postembrionalnyi period [Features of histolism and hystogenesis in the vital temperature range in the organism of honey bee (*Apis mellifera L.*) in the postembrional period]. Ukrainskyi ekolohichnyi zhurnal [Ukrainian Journal of Ecology], Vol. 8 (2), pp. 301–307. DOI: 10.15421/2018_342. (in Ukrainian).

4. Vishchur, V. I., Hutyi, B. V., Nishchemenko, N. P., Kushnir, I. M., Salata, V. Z., Tarasenko, L. O., Khimych, M. S., Kushnir, V. I., Kalyn, B. M., Mahrelo, N. V., Boiko, P. K., Kolotnytskyi, V. A., Velesyk, T., Pundiak, T. O., Hubash, O. P. (2019). Vplyv promyslovosti na vmist zhyrnykh kyslot u tkanynakh holovy medonosnoi bdzholy [Effect of industry on the content of fatty acids in the tissues of the honey-bee head]. Ukrainskyi ekolohichnyi zhurnal [Ukrainian Journal of Ecology], Vol. 9, no. 3, pp. 174–179. DOI:10.15421/2019_727. (in Ukrainian).

5. Brodschneider, R., Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. Apidologie, 41 (3), pp. 278–294. DOI:10.1051/apido/2010012.

6. Iatsenko, O. M. (2012). Vplyv hlobalizatsii na tendentsii rozvytku vitchyznianoho rynku bdzhilnytstva [The impact of globalization on the development trends of the domestic beekeeping market]. Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu [Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University]. no. 2 (2), pp. 280–295. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_ 2012_2%282%29_32. (in Ukrainian).

7. Bahlei, O. V. (2013). Ocinka ekologichnogo stanu terytorij za dopomogoju produktiv bdzhil'nyctva: materialy XII mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Problemy ta perspektyvy rozvytku nauky na pochatku tret'ogo tysjacholittja u krai'nah SND»: zb. nauk. prac' [Assessment of the ecological state of territories with the help of beekeeping products: materials of the XII international scientific and practical conference «Problems and prospects of the development of science at the beginning of the third millennium in the CIS countries» a collection of scientific papers]. Pereyaslav-Khmelnytskyi, 24 p. (in Ukrainian).

8. Dubin, O. M., Vasylenko, O. V. (2017). Otsinka yakosti produktsii bdzhilnytstva v suchasnykh ekolohichnykh umovakh Cherkaskoi oblasti [Quality assessment of the apiculture products under current ecological conditions in cherkasy region]. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Bulletin of Uman national university of horticulture]. no. 1, pp. 12–16. (in Ukrainian).

9. Rangel, J., Keller, J. J., Tarpy, D. R. (2013). The effects of honey bee (*Apis mellifera L.*) queen reproductive potential on colony grows. Insectes Sociaux. Vol. 60, pp. 65–73. DOI:10.1007/s00040-012-0267-1.

10. Pestovsky, Y. S., Martínez-Antonio, A. (2017). The use of nanoparticles and nanoformulations in agriculture. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, Vol. 17, Issue 12, pp. 8699–8730. DOI:10.1166/jnn.2017.15041.

11. Dvyliuk, I. I., Kovalchuk, I. I., Dvyliuk, I. V. (2019). Osoblyvosti funktsionuvannia reproduktyvnoi systemy bdzholynykh matok za umov zghodovuvannia tsytrativ argentumu ta kuprumu [Features of functioning of the reproductive system of honey bees queen after feeding the silver and copper nanoparticles citrate-based]. Biolohiia tvaryn [The Animal Biology], Vol. 21, no. 3, pp. 33–41. DOI:10.15407/animbiol21.03.033 (in Ukrainian).

12. Polishchuk, V. P., Holovetskyi, I. I., Metlytska, O. I., Skrypnyk, V. V.(2009). Metodychni rekomendatsii z otsiniuvannia chystoporodnosti bdzhil ta stvorennia vnutrishnoporodnoho typu [Methodological recommendations for evaluating the pure breeding of bees and creating an intrabreed type]. Kyiv: Aston, 20 p. (in Ukrainian).

13. Ibatullin, I. I., Panasenko, Yu. O., Kononenko, V. K. (2003). Praktykum z hodivli silsko- hospodarskykh tvaryn [Workshop on feeding agricultural animals]. Kyiv: Higher Education, 432 p. (in Ukrainian).

14. Brovarskyi, V., Brindza, Ya., Otchenashko, V. (2020). Doslidna sprava u bdzhilnytstvi: navchalnyi posibnyk [Research work in beekeeping: a study guide]. K.: Editorial and publishing department of NUBiP of Ukraine, 196 p. (in Ukrainian).

15. Reznikov, O. H. (2003). Zahalni etychni pryntsypy eksperymentiv na tvarynakh [General ethical principles of animal experiments]. Pershyi natsionalnyi konhres z bioetyky [First National Congress on Bioethics]. Endokrynolohiia [Endocrinology], Vol. 8, no. 1, pp. 142–145. (in Ukrainian).

16. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Council of Europe, Strasbourg, 1986, 53 p.

17. Kovalchuk, I. I., Dvyliuk, I. I. (2017). Reproduktyvna zdatnist bdzholynykh matok za umov pidhodivli tsytratamy Arhentumu i Kuprumu [Reproductive ability of bee queens at the conditions of feeding citrates of argentum and cuprum]. Biolohiia tvaryn [The Animal Biology], Vol. 19, no. 2, pp. 30–36. DOI:10.15407/animbiol 19.02.030 (in Ukrainian).

18. Amiri, E., Le, K., Melendez, C.V., Strand, M.K., Tarpy, D.R., Rueppell, O. (2020). Egg-size plasticity in Apis mellifera: Honey bee queens alter egg size in response to both genetic and environmental factorsc. Journal of Evolutionary Biology, 33 (4), pp. 534–543. DOI:10.1111/jeb.13589

19. Nichols, B. J., Ricigliano, V. A. (2022). Uses and benefits of algae as a nutritional supplement for honey bees. Frontiers in Sustainable Food Systems. Vol. 6, 6:1005058. DOI:10.3389/fsufs.2022.1005058

20. Cebatori, V., Buzu, I., Gliga, O., Postolachi, O. (2017). New nutritional supplements for bees during deficient harvesting periods. Lucrări Ştiinţific —Universitatea de Ştiinţe Agricole Şi Medicină Veterinară. Seria Zootehnie. Vol. 67, pp. 73–80. Available at: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173233302

21. Mishchenko, O. A., Lytvynenko, O. M., Afara, K. D., Kryvoruchko, D. I. (2022). Izoliatsiia ta zamina bdzholynykh matok za umov medozboru [Isolation and replacement of queen bees under the conditions of honey collection]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 8, (832), pp. 44–52. DOI:10.31073/ agrovisnyk202207-05 (in Ukrainian).

22. Androshulik, R. L., Kovalchuk, I. I. (2023). Reproductive ability of bee queens and productivity of bees feeding magnesium citrates. Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology. Vol. 24, no. 2, pp. 25–32. DOI:10.36359/scivp.2023-24-2.02

Technological methods of limiting the reproductive activity of queen bees in conditions of honey collection

Mishchenko O., Lytvynenko O., Bodnarchuk G., Romanenko L., Afara K., Kryvoruchko D.

The study of the biological characteristics of the development of bee colonies, the ethology of bees, the influence of the various factors on their life activities contributes to the development and implementation of new highly effective technologies of keeping and reproduction.

Of particular interest is the study of the stimulating effect of different numbers of brood of different ages in the nest of a bee colony on the trophic connections of honey bees with the biological diversity of entomophilous plants, the change in physiological characteristics of different generations of bees in modern changing natural and climatic conditions of unstable ecotypes.

This paper presents the data of experimental studies on the influence on the biological potential of bee colonies of various technological methods of regulating the reproductive activity of queen bees. The work aims to study the technological methods of regulating the reproductive activity of queen bees.

The following research methods were used: zootechnical (selection of groups of analogues, signs of bee purebredness, brood accounting), analytical (analysis of literature data and research results) and statistical. Biometric data processing was carried out on a PC using MS Excel software with built-in statistical functions.

Results. As a result of the study, it was found that bee families, where the reproductive activity of queen bees was limited by the use of an isolation cage, had the highest productivity indicators.

It has been proved that prolonged (15 days or more) restriction of the reproductive activity of queen bees negatively affects the strength of bee colonies and their preparation for a prolonged state of hypobiosis.

Conclusions. It was found that there is a complex relationship between brood rearing by bee colonies and their productivity.

The absence of brood has led to an increase in the supply of nectar only for 12-15 days. Currently, due to the lack of replenishment with young bees, bee colonies have lost their strength and weakened. It has been proven that the most effective technological method of regulating the reproductive activity of queen bees in hull hives is the use of dividing grids and the mandatory presence of brood of different ages.

For the effective use of honey collection, it is important not only to increase the maximum number of bees before the start of the main honey collection, but also to limit the feeding of a large number of larvae in time when they are no longer needed. During a short-term honey collection, it is necessary to limit the reproductive activity of the queen bee, and during the long one, it should be limited only in the second half of honey collection.

Key words: bee colony, Ukrainian steppe breed, isolation, brood, reproductive activity, honey collection, honey productivity.

Copyright: Міщенко О. А. 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:
Міщенко О. А. https://orcid.org/0000-0001-9970-8540
Литвиненко О. М. https://orcid.org/0000-0001-6643-2285
Боднарчук Г. Л. https://orcid.org/0000-0002-3555-0163
Романенко Л. І. https://orcid.org/0000-0003-2720-6183
Афара К. Д. https://orcid.org/0000-0002-9180-2281
Криворучко Д. І. https://orcid.org/0000-0003-1788-6090

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.27(477).034.082.4

Довголіття корів молочної худоби, залежно від віку першого отелення

Компанець І. О.

Сумський національний аграрний університет

Компанець І. О. E-mail: igorokkompanets@gmail.com

Компанець І. О. Довголіття корів молочної худоби, залежно від віку першого отелення. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 34–41.

Kompanets I. Longevity of dairy cows depending on the age of first calving. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 34–41.

Рукопис отримано: 26.01.2024 р.
Прийнято: 08.02.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-34-41

Досліджено тривалість використання та продуктивного довголіття корів української чорно-рябої молочної (УЧРМ) та голштинської порід, залежно від віку першого отелення, яке проведено у стаді приватного підприємства «Буринське» Підліснівського відділення Степанівської громади Сумської області. Розподіл тварин на градації, залежно від віку першого отелення, встановив, що вищими показниками тривалості та ефективності довічного використання відзначалися тварини обох порід, які вперше розтелилися у віці 25,1–26 місяців. Раннє, до 24-х, та пізнє, старше 26-ти місяців, перше отелення скорочує тривалість життя, продуктивний період, число отелень, зменшує довічний надій та вміст молочного жиру. Зі збільшенням віку першого отелення у корів УЧРМ та голштинської порід поступове скорочення тривалості життя та продуктивного використання досягло різниці за цими показниками між кращою (25,1–26 міс.) та групою першого отелення понад 30 місяців, відповідно, 332 та 491 і 523 та 628 днів (P<0,001). Про вплив віку першого отелення на довічну продуктивність корів УЧРМ породи свідчить достовірна різниця на користь тварин з першим отеленням 25,1–26 міс., порівняно з групою першого отелення до 24 міс., яка склала за довічним надоєм та молочним жиром, відповідно, 3432 та 127 кг (P<0,001). Різниця при порівнянні груп першого отелення старших за 26,1 міс. за довічним надоєм і молочним жиром становила, відповідно, 2082–12896 та 70–486 кг (P<0,001). Вищі показники ознак, що характеризують довголіття корів голштинської породи – тривалість життя та продуктивного використання – також отримано від групи тварин першого отелення у віці 25,1–26 місяців. За цими ознаками достовірна різниця на їх користь становила, порівняно з групою першого отелення, до 24 міс. (282 та 173 дні; P<0,05) та групами старших за 26,1 міс. (247–523 дні; P<0,05–0,001 та 337–628 днів; P<0,01–0,001). Тварини першого отелення у віці 25,1–26 місяців з надоєм за життя 29337 кг перевищували за цією ознакою корів, що вперше отелилися раніше 24-місячного віку з різницею у 3679 кг молока (P<0,001), та тварин з віком першого отелення старших за 26,1 місяця з різницею 1790–2990 кг (P<0,05–0,001). За довічним виходом молочного жиру різниця між цими порівняннями становила 135 кг (P<0,001) та 56–486 кг (P<0,05–0,001), відповідно.

Ключові слова: українська чорно-ряба молочна порода, голштинська порода, тривалість життя, продуктивне використання, перше отелення, довічна продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Показники довголіття корів молочної худоби є відносно складними ознаками добору через їх низьку успадковуваність та залежність від численних чинників [1, 2, 3, 4, 5]. Наразі ми розглянемо один із них, від якого, за численними повідомленнями в науковій літературі, залежить тривалість використання корів та їх довічна продуктивність – це відтворювальна здатність взагалі та вік першого отелення, зокрема [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Вважається, задля того, щоб зменшити витрати на вирощування телиць, їх слід запліднювати, розпочинаючи із 14 місяців, щоб вони змогли вперше отелитися приблизно у 23–24 місяці [6]. На практиці, за дослідженнями Н. П. Мазур та ін. [8], перше плідне осіменіння телиць голштинської породи відбувалося в середньому у віці 19,1 місяця, української чорно- та червоно-рябої молочних порід – у 20,4 та 20,8 місяця, що забезпечило перше отелення у віці 28,2; 29,5 та 29,9 місяця та довічний надій 18669; 15123 і 14940 кг молока, відповідно. Інші результати досліджень [9] свідчать, що для подовження тривалості продуктивного використання корів голштинської, української чорно- та червоно-рябої молочної порід, їх перше отелення потрібно планувати у віці 27,1–29,0 місяців, а для підвищення довічної продуктивності – 25,1–27,0 місяців. Ранні (до 25 місяців) та пізні (понад 33 місяці) отелення здебільшого призводять до скорочення як тривалості продуктивного використання, так і до зниження довічної продуктивності тварин.

За дослідженнями корів бурої швіцької породи [10], мінливість віку першого плідного осіменіння варіювала у межах п’яти піддослідних груп від 13,4 до 26,5 місяця з відповідним отеленням у віці 22,7–35,8 міс. При цьому найвищий добовий надій (32,2 кг) було отримано від групи корів з найменшим віком плідного осіменіння. У дослідженнях залежності молочної продуктивності корів-первісток української червоно-рябої молочної породи від віку їх першого плідного осіменіння було встановлено, що найвищий надій, кількість молочного жиру і білка мали корови, у яких вік першого плідного осіменіння коливався в межах 16,1–18,0 міс. – 6875,8, 266,6, 227,1 кг, відповідно, ($P<0,05$). Сила впливу віку першого осіменіння на надій, кількість молочного жиру та білка становила 5,7–9,5 % [11].

Anim et al. [7], проаналізувавши різні показники лактаційної діяльності корів, виявили, що продуктивне життя молочної худоби поступово зменшується зі збільшенням віку першого отелення, особливо для корів, отелення яких перевищує вік 29 місяців. Група науковців [3] проаналізувала чинники, що впливають на життя голштинських, джерсейських та айрширських корів, виявили, що ризик вибракування був вищим для корів, які розтелилися у віці старшому за 24–28 місяців, незалежно від породи. Крім того, корови, які вперше отелилися у віці <21 місяця, мають високий ризик вибраковування через дистоцію.

Таким чином, питання щодо оптимального віку першого отелення наразі залишається дискусійним. Залежність довічної продуктивності від віку першого отелення констатується багатьма вченими, проте бажаний вік, за якого отримано максимальні показники, різний. Наприклад, корови, у яких відбулося перше отелення у віці 791–850 днів (26–28 місяців), досягли найвищого ($P\leq0,01$) надою молока, жиру та білка за все життя [13]. Подібні результати були представлені в дослідженні, проведеному Haworth et al. [14] та Frejlach et al. [15]. Інші автори припустили, що найбільш сприятливим віком для отелення є 23–24 місяці [16, 17]. Існує думка, що перша лактаційна діяльність, яка забезпечує високу довічну продуктивність, має розпочатися у віці від 22,1 до 26,0 місяців [18]. Mészáros et al. [19] повідомляють, що вік першого отелення взагалі не вплинув на показники довголіття. Do et al. [20] довели, що оптимальний вік першого отелення для отримання максимального прибутку за все життя має бути від 22,5 до 23,5 місяців, а у голштинських корів Бельгії [21] було виявлено, що корови, які вперше отелилися у віці від 22 до 26 місяців, мали більше продуктивних днів упродовж життя, ніж корови, віком до 22 і старші 26 місяців.

Аналізуючи огляд літературних джерел, можна припустити, що висновки щодо рекомендованого віку першого плідного осіменіння телиць та, відповідно, віку першого отелення, який впливає на продуктивне довголіття, зроблено безпосередньо в конкретних умовах, які були створено у процесі вирощування тих чи інших тварин у межах порід.

Мета досліджень. Суперечливі твердження щодо оптимального віку першого отелення у зв’язку з високими показниками ознак довголіття, існування співвідносної мінливості між віком першого отелення та показниками тривалості та ефективності довічного використання корів молочної худоби спонукають до наступного вивчення цієї проблеми, оскільки вона може стати непрямою предикторною ознакою раннього добору.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено за використання ретроспективної бази даних автоматизованої програми

управління стадом СУМС «Орсек-СЦ» стада з розведення української чорно-рябої молочної та голштинської порід ПП «Буринське» Підліснівського відділення Степанівської громади Сумської області.

Оцінювання показників тривалості та ефективності довічного використання проводили за методикою Ю. П. Полупана [22], зафіксувавши за кожною досліджуваною коровою інформацію про дати народження ($Д_н$), першого отелення ($Д_{1от}$) і вибуття ($Д_в$). За кожною лактацією ($i = n$) враховували її тривалість ($Тл_i$), надій ($Н_i$), вміст ($\%Ж_д$) та вихід молочного жиру ($МЖ_i$) за усю лактацію. Показники тривалості та селекційної ефективності довічного використання корів обчислювали за наступними формулами: тривалість продуктивного використання (днів) – $Т_{пв} = Д_в – Д_{1от}$; довічний надій (кг) – $Н_д = \sum Н_i$; довічний вихід молочного жиру (кг) – $МЖ_д = \sum МЖ_i$; середній довічний вміст жиру в молоці (%) – $\%Ж_д = МЖ_д \times 100 / Н_д$; середній надій на 1 день продуктивного використання (кг) – $Н_{дгв} = Н_д / Т_{пв}$; кількість використаних лактацій (шт.) – $К_{вл} = \sum К_{вл}$. Показники досліджень опрацьовували біометричними методами на ПК у середовищі Microsoft Office Excel за використання програмного забезпечення за формулами, описаними В. І. Ладикою та ін. [23]. Надійність отриманих даних оцінювали шляхом обчислення похибок статистичних значень (S.E.) та t-критеріїв Стьюдента (td). Результати досліджень вважали значущими для першого при $P<0,05$ ([1]), другого $P<0,01$ ([2]) та для третього $P<0,001$ ([3]) порогу ймовірності.

Результати дослідження та обговорення. Із результатів досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців [4, 5, 8, 10, 13, 28] відомо, що досить ранні та надто пізні перші отелення корів негативно корелюють з розвитком їх ознак довголіття. Зростання віку першого отелення молочних корів зазвичай призводить до зниження ознак тривалості та ефективності довічного використання. Аналогічну ситуацію виявлено у дослідному стаді у межах мінливості двох молочних порід.

Було встановлено, що серед корів української чорно-рябої молочної породи найдовшою тривалістю життя, продуктивного використання та кількістю лактацій за життя характеризувалися тварини двох груп (II і III) з віком їх першого отелення 24,1–25,0 та 25,1–26,0 місяців (табл. 1).

Таблиця 1 – **Характеристика корів української чорно-рябої молочної породи за ознаками довголіття, залежно від віку першого отелення,** (x ± S.E.)

Показники	Вік при першому отеленні, міс.							
	до 24	24,1-25	25,1-26	26,1-27	27,1-28	28,1-29	29,1-30	понад 30
Група	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Кількість голів	67	96	128	114	85	66	54	22
Тривалість, днів: життя	1837±67,2[3]	2348±63,4	2376±45,5	2264±48,4[1]	2233±54,9[2]	2188±71,3[2]	2149±78,7[2]	2044±82,3[3]
продуктивного використання	1442±54,6[1]	1602±33,7	1606±55,8	1456±64,1	1395±64,8[1]	1321±72,4[2]	1251±74,7[3]	1115±84,7[3]
Кількість лактацій	3,7±0,41	4,1±0,35	4,2±0,23	3,6±0,28	3,5±0,33	3,3±0,36	3,0±0,44	2,8±0,46
Довічна продуктивність за:								
надоєм, кг	25052± 632,5[3]	27747± 526,3	28484± 489,7	25665± 547,3[3]	23228± 684,5[3]	21369± 741,1[3]	18085± 852,3[3]	15588± 985,6[3]
вмістом жиру, %	3,78±0,27	3,76±0,22	3,77±0,011	3,79±0,15	3,75±0,26	3,79±0,24	3,75±0,28	3,77±0,33
молочним жиром, кг	947±33,1[3]	1043±23,6	1074±16,3	973±21,1[3]	871±24,2[3]	810±28,7[3]	678±31,1[3]	588±33,4[3]
Надій на один день, кг: життя	13,6±0,18	11,8±0,15	12,0±0,13	11,4±0,15	10,4±0,18	9,8±0,22	8,4±0,25	7,6±0,29
продуктивного використання	17,4±0,21	17,3±0,18	17,7±0,15	17,6±0,17	16,7±0,21	16,2±0,23	14,5±0,26	14,0±0,31

Примітка: тут і надалі статистична достовірність результатів досліджень обчислена, порівняно з III групою тварин.

Тварини II та III груп за тривалістю життя та продуктивного використання достовірно переважали осіб першої групи, відповідно, на 510 і 539 (P<0,001) та 160 і 164 (P<0,05) дні. Загалом, зі збільшенням віку першого отелення у корів української чорно-рябої молочної породи спостерігали поступове скорочення тривалості життя та продуктивного використання. Різниця та достовірність за цими показниками, порівняно з кращою, III групою тварин, з кожним місяцем зростала і становила, порівняно з VIII групою, відповідно, 332 та 491 день (P<0,001). За кількістю використаних за життя лактацій кращою виявилася група тварин, які вперше отелилися у віці 25,1–26 місяців, або які були запліднені у віці 16,1–17,0 місяців. Різниця між крайніми варіантами – 1,4 лактації – достовірна (P<0,01).

У наших дослідженнях вищі показники за довічною продуктивністю отримано від двох груп корів з першим отеленням у віці 24,1–25 та 25,1–26 місяців з довічними надоєм 27747 та 28484 кг за 4,1 та 4,2 лактації, молочним жиром 1043 та 1074 кг, відповідно. Зменшення та збільшення віку першого отелення корів у групах, які відхиляються від другої та третьої, не сприяють зростанню показників довічної продуктивності. Встановлено вплив віку першого отелення на довічну продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи дослідного стада, про що свідчить достовірна різниця на користь тварин II та III груп, порівняно з першою, яка становила за довічним надоєм та молочним жиром, відповідно 2695 і 3432 та 96 і 127 кг (P<0,001). Відмінності II та III груп від IV–VIII за довічним надоєм і молочним жиром становила, відповідно, 2082–12896 та 70–486 кг (P<0,001).

У процесі досліджень показників довголіття корів молочної худоби науковці широко використовують такі ознаки, як надій на один день життя та продуктивного використання [4, 24, 25, 26, 27]. Подібні дані є інформативним доповненням наших досліджень, які засвідчують істотну мінливість у межах досліджуваних груп тварин. Вищі надої на один день життя та продуктивного використання у корів української чорно-рябої молочної породи, залежно від віку першого отелення, отримано від III-ї групи тварин з відповідно вищими показниками довічного надою та тривалості продуктивного використання, які становили – 12 та 17,7 кг молока. Винятком у цьому випадку став надій на один день життя (13,6 кг) у групи корів, які отелилися раніше 24 місяців. Спостерігається чітка співвідносна тенденція, коли за зростання віку першого отелення знижуються показники довічного надою та, відповідно, надою на один день життя та продуктивного використання.

У таблиці 2 наведено дані аналогічних досліджень корів голштинської породи вітчизняної селекції, які було отримано у господарстві в результаті поглинального схрещування корів української чорно-рябої молочної породи з голштинськими плідниками. Аналогічні умови вирощування ремонтних телиць посприяли ототожненню відповідних показників, які характеризують вплив віку першого отелення на ознаки довголіття корів. Міжпородна відмінність полягала у тому, що показники тривалості життя, продуктивного використання та кількості використаних лактацій у голштинської худоби дещо зменшилися, а показники довічної продуктивності зросли.

Міжгрупова мінливість корів голштинської породи щодо впливу віку першого отелення на показники довголіття залишилася тотожною, порівняно з українською чорно-рябою молочною, за винятком деякого зниження показників достовірності через зменшення чисельності дослідного поголів'я, що призвело до зростання мінливості ознак у межах оцінюваних груп.

Вищі показники ознак, що безпосередньо характеризують довголіття корів голштинської породи – тривалість життя, продуктивного використання та кількості використаних лактацій, отримано від III-ї групи тварин першого отелення у віці 25,1–26 місяців. За першими двома ознаками достовірна різниця на їх користь склала, порівняно з першою (282 та 173 дні; P<0,05) та IV-VIII групами (247–523 дні; P<0,05–0,001 та 337–628 днів; P<0,01–0,001). Мінливість кількості використаних лактацій становила у межах 2,2–4 з достовірною різницею між крайніми варіантами 1,8 (P<0,01).

Рівень мінливості довічного надою у межах оцінюваних груп голштинських корів свідчить про його ймовірну залежність від віку першого отелення. Тварини III групи першого отелення у віці 25,1–26 місяців з надоєм за життя 29337 кг перевищували за цією ознакою корів першої групи, що вперше отелилися раніше 24-місячного віку, з різницею 3679 кг молока (P<0,001) та тварин IV–VIII груп, з віком першого отелення старше за 26,1 місяця з різницею у межах 1790–12990 кг (P<0,05–0,001). За довічним виходом молочного жиру корови III групи також були кращими, ніж тварини першої на 135 кг (P<0,001), а тварини IV–VIII груп – на 56-486 кг (P<0,05–0,001).

Таблиця 2 – **Характеристика корів голштинської породи за ознаками довголіття, залежно від віку першого отелення,** (x ± S.E.)

Показники	Вік при першому отеленні, міс							
	до 24	24,1-25	25,1-26	26,1-27	27,1-28	28,1-29	29,1-30	понад 30
Група	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Кількість голів	44	58	78	94	48	36	22	12
Тривалість, днів: життя	2064±92,4[1]	2268±96,5	2346±69,8	2242±59,7	2226±98,7	2099±101,3[1]	1855±124,2[3]	1823±132,5[3]
продуктивного використання	1396±67,5[1]	1522±83,3	1569±56,7	1435±58,5	1388±68,7[1]	1232±84,6[3]	987±95,4[2]	941±114,8[3]
Кількість лактацій	3,6±0,36	3,8±0,41	4,0±0,28	3,7±0,23	3,5±0,37	3,1±0,39	2,5±0,49[2]	2,2±0,55[2]
Довічна продуктивність за:								
надоєм, кг	25658± 735,7[3]	28112± 674,5	29337± 592,4	27547± 677,8[1]	25233± 844,7[3]	22456± 1014,3[3]	17177± 1108,7[3]	16347± 1214,3[3]
вмістом жиру, %	3,75±0,26	3,77±0,23	3,74±0,019	3,78±0,17	3,75±0,26	3,79±0,28	3,76±0,31	3,74±0,37
молочним жиром, кг	962±34,8[3]	1060±28,7	1097±21,2	1041±19,1[1]	946±35,5[3]	851±38,8[3]	646±31,1[3]	611±35,6[3]
Надій на один день, кг: життя	12,4±0,21	12,4±0,17	12,5±0,19	12,3±0,16	11,3±0,19	10,7±0,26	9,3±0,33	9,0±0,37
продуктивного використання	18,4±0,21	18,5±0,18	18,7±0,22	19,2±0,19	18,2±0,24	18,2±0,28	17,4±0,36	17,3±0,41

Рівень надою на один день життя та продуктивного використання не завжди кореспондувався із рейтинговими показниками попередніх ознак та довічного надою у межах оцінюваних груп. Мінливість надою на один день життя у корів голштинської породи варіювала у межах 9–12,5 кг, з вищим показником у групи корів з першим отеленням у віці 25,1–26 місяців, а на один день продуктивного використання – у межах 17,3–19,2 кг з вищим показником у групи корів, що вперше розтелилися у віці 26,1–27 місяців. Різниця між мінімальними і максимальними відхиленнями надоїв на один день життя та продуктивного використання голштинських корів, відповідно, склала 3,5 та 1,9 кг за високого ступеня достовірності (P<0,001).

Висновки. На мінливість ознак тривалості використання та продуктивного довголіття корів молочної худоби дослідних порід суттєво вплинув вік першого отелення. Найвищими показниками тривалості та ефективності довічного використання відзначалися тварини, які вперше розтелилися у віці 25,1–26 місяців. Раннє, до 24-х, та пізнє, старше 26-ти місяців, перше отелення скорочує тривалість життя, продуктивний період, число отелень, зменшує довічний надій та молочний жир.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: A Review / H. Hu et al. Front. Genet. 2021. 12:695543. DOI:10.3389/fgene.2021.695543

2. Calving traits, milk production, body condition, fertility, and survival of Holstein-Friesian and norwegian red dairy cattle on commercial dairy farms over 5 lactations-ScienceDirect / C. P. Ferris et al. J. Dairy Sci. 2014. 97. P. 5206–5218. DOI:10.3168/jds.2013-7457

3. Vries A. D., Marcondes, M. I. Review: overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. Animal. 2020. 14. P. 155–164. DOI:10.1017/S1751731119003264

4. Пославська Ю. В., Федорович Є. І., Бондар П. В. Тривалість та ефективність довічного використання корів залежно від їх надою за першу та кращу лактації. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2017. Т. 19. № 74. С. 175–181.

5. Оцінка племінної цінності бугаїв-плідників молочних порід / В. О. Даншин та ін. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2016. № 2. С. 110–116.

6. Mossa F., Ireland J. J. Anti-müllerian hormone (AMH): a biomarker for the ovarian reserve, ovarian

function and fertility in dairy cows. J. Anim. Sci. 2019. 97. P. 1446–1455. DOI:10.1093/jas/skz022

7. Effect of age at first calving and other non-genetic factors on longevity and production traits in holstein cattle under vojvodina province condition, serbia / I. Anim et al. Indian. J. Anim. 2020. 54. P. 499–505. DOI:10.18805/ijar.B-1063

8. Мазур Н. П., Федорович Є. І., Федорович В. В. Господарські корисні ознаки корів молочних порід та їх зв'язок з продуктивним довголіттям. Розведення і генетика тварин. 2018. Вип. 56. С. 50–64.

9. Мазур Н. П., Федорович Є. І., Федорович В. В. Формування високопродуктивного молочного стада з тривалим господарським використанням: наук.-метод. рекомендації. Львів: Інститут біології тварин НААН, 2019. 30 с.

10. Піщан С. Г. Вплив віку першого отелення на деякі показники продуктивних якостей швіцьких корів в умовах промислового комплексу. Тваринництво Степу України. 2020. Т. 1. № 2. С. 60–73.

11. Димчук А. В., Попко Л. П. Вплив живої маси, віку першого осіменіння та відведення на молочну продуктивність корів. Наукові доповіді НУБіП України. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2022. № 4 (98). DOI:10.31548/dopovidi2022.04.009

12. Хмельничий Л. М., Лобода В. П. Продуктивність корів української червоно-рябої молочної породи залежно від показників відтворної здатності. Розведення і генетика тварин. 2014. № 48. С. 143–150.

13. The impact of age at the first calving on lifetime milk yield, life span and herd life of dairy cows. Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. / A. Kalińska et al. SGGW, Anim. Sci. 2019. 58 (3). DOI:10.22630/AAS.2019.58.3.21

14. Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity-in dairy cows / G. M. Haworth et al. Vet. Rec. 2008. 162 (20). P. 643–647.

15. Evaluation of Selected Effects on Milk Production and Fertility in Holstein Dairy Cattle. Sci. Pap. / T. Frejlach et al. Anim. Sci. Biot. 2015. 48 (1). P. 272–275.

16. Pirlo G., Miglior F., Speroni M. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. J. Dairy Sci. 2000. 83 (3). P. 603–608.

17. Nilforooshan M. A., Edriss M. A., Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan province. J. Dairy Sci. 2004. 87 (7). P. 2130–2135.

18. Sawa A., Siatka K., Krężel-Czopek S. Effect of Age at First Calving on First Lactation Milk Yield, Lifetime Milk Production And Longevity of Cows. Annals of Animal Science. 2019. Vol. 19. no. 1. P. 189–200. DOI:10.2478/aoas-2018-0044

19. Mészáros G., Wolf J., Kadlečík O. Factors affecting the functional length of productive life in Slovak Pinzgau cows. Czech J. Anim. Sci. 2008. 53. P. 91–97.

20. The effect of age at first calving and calving interval on productive life and lifetime profit in korean holsteins. Asian-Australas / C. Do et al. J. Anim. Sci. Nov. 2023. 26 (11). P. 1511–1517. DOI:10.5713/ajas.2013.13105. PMID: 25049735; PMCID: PMC4093818

21. Association between age at first calving, year and season of first calving and milk production in Holstein cows / E. Froidmont et al. Animal. 2013. 7 (4). P. 665–672.

22. Полупан Ю. П. Методика оцінки селекційної ефективності довічного використання корів молочних порід. Методологія наукових досліджень з питань селекції, генетики та біотехнології у тваринництві: матеріали наук.-теорет. конф., присвяченої пам'яті академіка УААН Валерія Петровича Бурката (Чубинське, 25 лютого 2010 року). К.: Аграрна наука, 2010. С. 93–95.

23. Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва: підручник для аспірантів / В. І. Ладика та ін.; за заг. ред. В. І. Ладики, Л. М. Хмельничого. Одеса: Олді+, 2023. 244 с.

24. Полупан Ю. П. Ефективність довічного використання корів: до методики групування і вплив умовної кровності. Розведення і генетика тварин, 2014. Вип.48. С. 98–113.

25. Полупан Ю. П., Ставецька Р. В., Сіряк В. А. Вплив генетичних чинників на тривалість та ефективність довічного використання молочних корів. Розведення і генетика тварин. 2021. № 61. С. 90–106.

26. Хмельничий Л. М., Вечорка В. В. Особливості спадкового впливу умовної кровності голштинської породи на показники довголіття корів української червоно-рябої молочної породи. Розведення і генетика тварин. 2016. Вип. 51. С. 170–177.

27. Хмельничий Л. М., Овчаренко О. О. Мінливість ознак довголіття корів української червоно-рябої молочної породи залежно від впливу спадковості генеалогічних формувань. Вісник Сумського НАУ. Тваринництво. 2023. Вип. 3 (54). С. 78–84. DOI:10.32782/bsnau.lvst.2023.3.11

28. Sewalem A., Kistemaker G. J., Ducrocq V., Doormaal, B. J. V. Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using a weibull proportional hazards model. J. Dairy Sci. 2005. 88. P. 368–375. DOI:10.3168/jds. S0022-0302(05)72696-5

REFERENCES

1. Hu, H., Mu, T., Ma, Y., Wang, X., Ma, Y. (2021). Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: A Review. Front. Genet. 12:695543. DOI:10.3389/fgene.2021.695543

2. Ferris, C. P., Patterson, D. C., Gordon, F. J., Watson, S., Kilpatrick, D. J. (2014). Calving traits, milk production, body condition, fertility, and survival of Holstein-Friesian and norwegian red dairy cattle on commercial dairy farms over 5 lactations-ScienceDirect. J. Dairy Sci., 97, pp. 5206–5218. DOI:10.3168/jds.2013-7457

3. Vries, A. D., Marcondes, M. I. (2020). Review: overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. Animal, 14, pp. 155–164. DOI:10.1017/S1751 731119003264

4. Poslavska, Yu. V., Fedorovych, Ye. I., Bodnar, P. V. (2017). Tryvalist ta efektyvnist dovichnoho vykorystannia koriv zalezhno vid yikh nadoiu za pershu ta krashchu laktatsii [Duration and efficiency of the lifetime use of cows depending on their milk yield for the first and best lactation]. Naukovyj visnyk LNUVMBT imeni S.Z. G'zhyc'kogo [Scientific Bulletin of S.Z. Gzhitskyi Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology], Vol. 19 (74), pp. 175–181. (in Ukrainian).

5. Danshyn, V. O., Ruban, S. Yu., Fedota, O. M., Mitiohlo, L. M., Borshch, O.O. (2016). Otsinka pleminnoi tsinnosti buhaiv-plidnykiv molochnykh porid [Evaluation the sires breeding value of dairy breeds]. Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkcii' tvarynnyctva [Technology of production and processing of livestock products], no. 2, pp. 110–116. (in Ukrainian).

6. Mossa, F., Ireland, J. J. (2019). Anti-müllerian hormone (AMH): a biomarker for the ovarian reserve, ovarian function and fertility in dairy cows. J. Anim. Sci., 97, pp. 1446–1455. DOI:10.1093/jas/skz022

7. Anim, I., Res, J., Kuevi, D., Dragin, S., Mirkov, M. (2020). Effect of age at first calving and other non-genetic factors on longevity and production traits in holstein cattle under vojvodina province condition, serbia. Indian. J. Anim., 54, pp. 499–505. DOI:10.18805/ijar.B-1063

8. Mazur, N. P., Fedorovych, Ye. I., Fedorovych, V. V. (2018). Hospodarsky korysni oznaky koriv molochnykh porid ta yikh zviazok z produktyvnym dovholittiam [Economically useful traits of dairy cows and their relationship with productive longevity]. Rozvedennja i genetyka tvaryn [Animal Breeding and Genetics], Issue 56, pp. 50–64. (in Ukrainian).

9. Mazur, N. P., Fedorovych, Ye. I., Fedorovych, V. V. (2019). Formuvannja vysokoproduktyvnogo molochnogo stada z tryvalym gospodars'kym vykorystannjam: nauk.-metod. rekomendacii' [Formation of a highly productive dairy herd with long-term economic use: scientific and methodical recommendations]. Lviv: Institute of Animal Biology of NAAS, 30 p. (in Ukrainian).

10. Pishchan, S. H. (2022). Vplyv viku pershoho otelennia na deiaki pokaznyky produktyvnykh yakostei shvitskykh koriv v umovakh promyslovoho kompleksu [Influence of the age of first calving on some indicators of the productive qualities of Swiss cows in the conditions of industrial complex]. Tvarynnyctvo Stepu Ukrai'ny [Animal husbandry of the Steppe of Ukraine], Vol. 1, no. 2, pp. 60–73 (in Ukrainian).

11. Dymchuk, A. V., Ponko, L. P. (2022). Vplyv zhyvoi masy, viku pershoho osimeninnia ta vidvedennia na molochnu produktyvnist koriv [Influence of live weight, age of first insemination and weaning on milk productivity of cows]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrai'ny [Scientific reports of the NUBiP of Ukraine]. Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkcii' tvarynnyctva [Production and Processing Technology of Animal husbandry products]. no. 4 (98). DOI:10.31548/dopovidi 2022.04.009 (in Ukrainian).

12. Khmelnychyi, L. M., Loboda, V. P. (2014). Produktyvnist koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody zalezhno vid pokaznykiv vidtvornoi zdatnosti [Productivity of Ukrainian Red-and-White dairy cows depending on reproductive ability indicators]. Rozvedennja i genetyka tvaryn [Animal Breeding and Genetics], no. 48, pp. 143–150. (in Ukrainian).

13. Kalińska, A., Słósarz, J., Gołębiewski, M., Wójcik, A., Przysucha, T., Kruzińska, B. (2019). The impact of age at the first calving on lifetime milk yield, life span and herd life of dairy cows. Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. SGGW, Anim. Sci., 58 (3). DOI:10.22630/AAS.2019.58.3.21

14. Haworth, G. M., Tranter, W. P., Chuck, J. N., Cheng, Z., Wathes, D. C. (2008). Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity-in dairy cows. Vet. Rec., 162 (20), pp. 643–647.

15. Frejlach T., Šoch M., Frelich J., Zábranský L., Švarcová A., Křížová Z., Novotná I., Švejdová K., Šimková A., Kala R. (2015). Evaluation of Selected Effects on Milk Production and Fertility in Holstein Dairy Cattle. Sci. Pap. Anim. Sci. Biot., 48 (1), pp. 272–275.

16. Pirlo G., Miglior F., Speroni M. (2000). Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. J. Dairy Sci., 83 (3), pp. 603–608.

17. Nilforooshan, M. A., Edriss, M. A. (2004). Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan province. J. Dairy Sci., 87 (7), pp. 2130–2135.

18. Sawa, A., Siatka, K., Krężel-Czopek, S. (2019). Effect of Age at First Calving on First Lactation Milk Yield, Lifetime Milk Production And Longevity of Cows. Annals of Animal Science, Vol. 19, no. 1, pp. 189–200. DOI:10.2478/aoas-2018-0044

19. Mészáros, G., Wolf, J., Kadlečík, O. (2008). Factors affecting the functional length of productive life in Slovak Pinzgau cows. Czech J. Anim. Sci., 53, pp. 91–97.

20. Do, C., Wasana, N., Cho, K., Choi, Y., Choi, T., Park, B., Lee, D. (2023). The effect of age at first calving and calving interval on productive life and lifetime profit in korean holsteins. Asian-Australas. J. Anim. Sci., 26 (11), pp. 1511–1517. DOI:10.5713/ajas.2013.13105. PMID: 25049735; PMCID: PMC4093818

21. Froidmont, E., Mayeres, P., Picron, P., Turlot, A., Planchon, V., Stilmant, D. (2013). Association between age at first calving, year and season of first calving and milk production in Holstein cows. Animal, 7 (4), pp. 665–672.

22. Polupan, Yu. P. (2010). Metodyka ocinky selekcijnoi' efektyvnosti dovichnogo vykorystannja koriv molochnyh porid [Methodology for evaluating the selection efficiency of lifelong use of dairy cows]. Metodologija naukovyh doslidzhen' z pytan' selekcii', genetyky ta biotehnologii' u tvarynnyctvi: materialy nauk.-teoret. konf., prysvjachenoi' pam'jati akademika UAAN Valerija Petrovycha Burkata (Chubyns'ke, 25 ljutogo 2010 roku) [Methodology of scientific research on selection, genetics and biotechnology in animal husbandry: scientific and theoretical materials. conference, dedicated to the memory of academician of the

Ukrainian Academy of Sciences Valery Petrovych Burkat (Chubynske, February 25, 2010)]. Kyiv: Agrarian science, pp. 93–95. (In Ukrainian).

23. Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., Povod, M. G., Bordunova, O.G., Opara, V.O., Pavlenko, Yu.M., Bula, L.V., Lykhach, V.Ya., Lykhach, A.V., Verbelchuk, T.V., Izhboldina, O.O., Smyslov, S. .Yu., Samokhina, E. A. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]. Odesa: Oldi+, 244 p. (In Ukrainian).

24. Polupan, Yu. P. (2014). Efektyvnist dovichnoho vykorystannia koriv: do metodyky hrupuvannia i vplyv umovnoi krovnosti [Effectiveness of the lifetime use of cows: to the grouping method and influence of conditional blood]. Animal Breeding and Genetics, Issue 48, pp. 98–113. (in Ukrainian).

25. Polupan, Yu. P., Stavetska, R. V., Siriak, V. A. (2021). Vplyv henetychnykh chynnykiv na tryvalist ta efektyvnist dovichnoho vykorystannia molochnykh koriv [The influence of genetic factors on the duration and effectiveness of the lifetime use of dairy cows]. Rozvedennja i genetyka tvaryn [Animal Breeding and Genetics], no. 61, pp. 90–106. (in Ukrainian).

26. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2016). Osoblyvosti spadkovoho vplyvu umovnoi krovnosti holshtynskoi porody na pokaznyky dovholittia koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody [Features of the hereditary influence of conditional blood of the Holstein breed on the longevity indicators of Ukrainian Red-and-White dairy cows]. Rozvedennja i genetyka tvaryn [Animal Breeding and Genetics], Issue 51, pp. 170–177. (in Ukrainian).

27. Khmelnychyi, L. M., Ovcharenko, O. O. (2023). Minlyvist oznak dovholittia koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody zalezhno vid vplyvu spadkovosti henealohichnykh formuvan [Variability of cows longevity traits of Ukrainian Red-and-White dairy breed depending on the influence of heredity of genealogical formations]. Visnyk Sums'kogo NAU [Scientific Bulletin of Sumy NAU]. Tvarynnyctvo [Livestock], Issue 3 (54), pp. 78–84. DOI:10.32782/ bsnau.lvst.2023. 3.11 (in Ukrainian).

28. Sewalem, A., Kistemaker, G. J., Ducrocq, V., Doormaal, B. J. V. (2005). Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using a weibull proportional hazards model. J. Dairy Sci., 88, pp. 368–375. DOI:10.3168/ jds.S0022-0302(05)72696-5

Longevity of dairy cows depending on the age of first calving

Kompanets I.

Research to study the traits of duration of use and cows productive longevity of Ukrainian Black-and-White dairy (UBWD) and Holstein breeds, depending on the age of first calving, was carried out in the herd of PE «Burynske» Pidlisniv branch Stepanivka community Sumy region. The division of animals into gradations, depending on the age of first calving, established that higher indicators of the duration and efficiency of lifelong use were observed in animals of both breeds that first calved at the age of 25.1-26 months. Early, before 24, and late, over 26 months, first calving shortened lifetime, productive period, number of calvings, and reduced lifelong milk yield and milk fat. With an increase in the age of first calving in UBWD and Holstein cows, a gradual reduction in lifetime and productive use reached a difference in these indicators between the best (25.1-26 months) and the first calving group of more than 30 months, respectively 332 and 491 and 523 and 628 days (P<0.001). The influence of the age of first calving on the lifetime productivity of cows of the UBWD breed was evidenced by a significant difference in favor of animals with the first calving at 25.1-26 months, compared to the group of first calving before 24 months, which was 3432 and 127 kg, respectively, in terms of lifetime milk yield and milk fat (P<0.001). The difference when comparing the groups of the first calving older than 26.1 months by lifetime milk yield and milk fat was, respectively, 2082-12896 and 70-486 kg (P<0.001). The highest indicators of traits characterizing the longevity of Holstein cows, lifetime and productive use, were also obtained from the group of animals of the first calving at the age of 25.1-26 months. According to these traits, there was a significant difference in their favor compared to the group of first calving up to 24 months (282 and 173 days; P <0.05) and groups older than 26.1 months. (247-523 days; P<0.05-0.001 and 337-628 days; P<0.01-0.001). Animals of the first calving at the age of 25.1-26 months, with a milk yield during life of 29337 kg, exceeded in this trait cows that first calved earlier 24 months of age, with a difference in 3679 kg of milk (P <0.001) and animals with an age of first calving older 26.1 months with a difference of 1790-12990 kg (P<0.05-0.001). By lifetime milk fat yield, the difference between these comparisons was 135 kg (P<0.001) and 56-486 kg (P<0.05-0.001), respectively.

Key words: Ukrainian Black-and-White dairy, Holstein, lifespan, productive use, first calving, life-

Copyright: Компанець І. 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:
Компанець І. О. https://orcid.org/0000-0002-3153-1491

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.598.084.1/.087.8

Ефективність застосування ферментного препарату Hemicell® HT за вирощування молодняку гусенят

Бабенко С.П., Бомко В.С., Кузьменко О.А., Чернявський О.О., Титарьова О.М., Сломчинський М.М., Недашківський В.М., Соболєва С.В.

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: Бабенко С.П. sergey.babenko@btsau.edu.ua; Бомко В.С. vitaliy.bomko@btsau.edu.ua; Кузьменко О.А. oksana.kuzmenko@btsau.edu.ua; Чернявський О.О. oleksandr.chernyavskiy@btsau.edu.ua; Титарьова О.М. olenakosyanenko@gmail.com; Сломчинський М.М. mihail.slomchinskiy@btsau.edu.ua; Недашківський В.М. vladimir.nedashkivsky@btsau.edu.ua; Соболєва С.В. solanassv@gmail.com

OPEN ACCESS

Бабенко С.П., Бомко В.С., Кузьменко О.А., Чернявський О.О., Титарьова О.М., Сломчинський М.М., Недашківський В.М., Соболєва С.В. Ефективність застосування ферментного препарату Hemicell® HT за вирощування молодняку гусенят. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 42–50.

Babenko S., Bomko V., Kuzmenko O., Cherniavskyi O., Tytariova O., Slomchynskyi M., Nedashkivsky V., Sobolieva S. Efficiency of use of enzyme preparation Hemicell® HT for growing young gees. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 42–50.

Рукопис отримано: 11.03.2024 р.
Прийнято: 25.03.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-42-50

Сільськогосподарська водоплавна птиця має певні біологічні особливості: інтенсивний метаболізм та швидкий ріст, скороспілість та значний потенціал відтворення, високу температуру тіла, а також стійкість до багатьох інфекційних захворювань.

Наведено результати експериментального дослідження впливу екзогенного ферментного препарату Hemicell® HT (1 кг містить діючої речовини β-маннази – $160x10^6$ од.) на продуктивні якості молодняку помісних гусенят шадринської та італійської порід. Для реалізації поставленої мети сформовано чотири дослідних групи гусенят: 1 група – контрольна, 2, 3, 4 – дослідні, яким у складі повнораціонної кормової сумішки згодовували ферментний препарат Hemicell® HT – для другої дослідної групи – 150 г, для третьої – 250 г і для четвертої дослідної групи – 310 г на 1 тонну корму.

Встановлено, що введення до раціону молодняку гусей екзогенного ферментного препарату Hemicell® у зазначених вище дозах суттєво впливає на інтенсивність росту молодняку та обмінні процеси в їх організмі. Якщо наприкінці першої декади найбільш позитивний вплив на організм виявили низьке і високе дозування ферментного препарату (птиця 2-ї і 4-ї груп), в результаті чого, порівняно з аналогами 1 контрольної групи, різниця в середньодобовому прирості становила 3,4 і 2,8 г ($p<0,001$), то середнє дозування ферментного препарату в аналогів 3-ї дослідної групи забезпечило відмінність лише в 1,1 г ($p<0,01$).

Однак до кінця першого періоду вирощування (до 21 доби) найбільший середньодобовий приріст спостерігається у гусей 3-ї дослідної групи, порівняно з аналогами контрольної, 2-ї та 4-ї дослідних груп. Так, якщо у гусей 1-ї контрольної групи середньодобовий приріст становив 43,1 г, то у аналогів 2-ї групи цей показник був вищим на 2,6 г ($p<0,01$), 3-ї – на 5,1 та 4-ї – на 3,6 г ($p<0,001$). Ця закономірність збереглася до кінця досліду, причому з достовірними відмінностями у гусенят 3-ї дослідної групи, порівняно з контролем, у віці 31 доби - на 9,7 г ($p<0,01$), 41 доби – 10,1 г ($p<0,05$), 66 доби – на 9,2 г ($p<0,05$). У гусей 2-ї та 4-ї груп упродовж одного вікового періоду середньодобовий приріст був вищим, ніж в аналогів контрольної групи, проте не мав достовірних відмінностей.

Зрештою загалом за дослід, середньодобовий приріст гусенят 1-ї контрольної групи становив 59,9 г, у 2-ї дослідної групи він був вищим на 3,1 г ($p<0,01$), або на 5,2 %, у 3-ї – на 6,6 г ($p<0,001$), або на 11 % і в 4-ї групи – на 4,2 г ($p<0,001$), або на 7,0 %, порівняно з аналогічним показником контролю.

Використання ферментного препарату позитивно вплинуло на організм гусенят, що дало змогу на вищому рівні реалізувати генетичний потенціал продуктивності гусенят в усіх дослідних групах, однак найбільша інтенсивність росту спостерігалася у 3-ї дослідної групи гусей.

Ключові слова: гуси, шадринська порода, італійська порода, ферментний препарат, Hemicell® HT, приріст, жива маса.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Птахівництво – це одна з найпотужніших галузей аграрного виробництва як в Україні, так і за її межами. Вона динамічно та інтенсивно розвивається, забезпечуючи населення якісними харчовими продуктами, зокрема, м'ясом і яйцями [4]. За останні роки різко зросли показники з виробництва м'яса бройлерів, що зумовлено високими адаптаційними здатностями птиці до промислових умов утримання. Висока концентрація білків у кормах з низьким умістом калорій і холестерину забезпечує швидкий приріст маси [2].

Перспективним у галузі птахівництва є гусівництво. Ця галузь ведеться на інтенсивній основі, що забезпечує швидке одержання цінної продукції і сировини, та користується у населення високим попитом. Гусівництво, порівняно з іншими галузями птахівництва, є простим технологічно. Цю галузь можна розвивати на вже існуючій матеріально-технічній базі з невеликими витратами на організацію приміщень або їх переобладнання. Гусівництво не конкурує ні з якою іншою галуззю, бо гуси на 80 % добре почуваються за годівлі на пасовищах з підгодівлею один раз на добу відходами кормовиробництва, на відміну від тваринництва, де постійно необхідні високоякісні корми.

За даними науковців, за згодовування гусям кормів різними способами, істотної різниці не спостерігалося. За споживання вологого та сухого кормів середньодобовий приріст живої маси був подібним, проте різниця спостерігалася за кількістю з'їденого корму та перетравністю його поживних речовин [6]. Однак отримані результати згодовування різних рівнів сирої клітковини вказують на те, що продуктивність гусей за вмісту у комбікормі 55 г сирої клітковини на кілограм сприяла кращим результатам відгодівлі та перетравності поживних речовин корму [8, 12].

Отже, з досліджень відомо, що корми займають 60–75 % собівартості продукції тваринництва. Збільшення рентабельності виробництва можливе за рахунок підвищення коефіцієнту корисної дії спожитих кормів. Однак проблемою є те, що частина поживних речовин у кормах знаходиться у важкодоступних формах для організму тварин [1].

Науковцями доведено, що корми та кормові засоби по різному впливають на мікрофлору травного каналу тварин та птиці [14]. Тому згодовування таких препаратів як ензими, пробіотики та пребіотики значно поліпшують роботу травної системи, впливаючи на ріст і розвиток організму в цілому [9, 17].

Для сільського господарства промисловість випускає ферментні препарати грибкового і бактеріального походження. Перші отримують методом поверхневого вирощування та позначають літерою П, другі – шляхом глибинної культивації і позначають – Р. Залежно від рівня очищення, ферментні препарати поділяють на технічні і очищені. Технічні – це нативні неочищені культури; очищені – це препарати з активністю в результаті очищення в 10–20 разів вище за нативні [3].

Вчені довели, що додавання фітази покращує ріст гусей у віці 5–16 тижнів, посилює антиоксидантну здатність організму шляхом покращення біологічного титру цинку. Вважається оптимальним додатковий рівень цинку 40–60 мг/кг за умови додавання до раціону 1200 ОД/кг фітази [10].

Ферменти не накопичуються в організмі і продуктах тваринництва та не входять до складу кінцевих продуктів, на відміну від гормонів і біостимуляторів. Вони мають зовсім інший механізм впливу на організм тварин [2]. В органах травної системи тварин утворюються власні ферменти, за дії яких і відбувається перетравлення поживних речовин корму. Дорослі тварини перетравлюють до 60–70 % поживних

речовин корму, а молодняк народжується із недорозвиненою ферментною системою травлення, отже, вони вкрай необхідні для росту і розвитку молодого організму [5, 24].

Колективом науковців було проведено дослідження і зроблено висновок про безпеку та ефективність Hemicell® HT (ендо-1,4-β-d- манази) як кормової добавки для курчат-бройлерів, курей-несучок, індиків, свиней на відгодівлі та інших видів тварин і птиці. Hemicell® HT є кормовою добавкою з ендо-1,4-β-d-мананазою як основною ферментативною активністю, яка доступна у твердій (HT) та рідкій (HT-L) формах. Виробничий штам ферменту – це генетично модифікований штам Paenibacillus lentus. Штам реципієнта вважається безпечним, послідовності, введені для отримання виробничого штаму, не викликають занепокоєння щодо безпеки. Добавка безпечна для цільових видів у відповідних рекомендованих дозах. Використання Hemicell® HT як кормової добавки не викликає побоювань у споживачів. Hemicell® HT та Hemicell® HT-L не подразнюють шкіру та очі, але є сенсибілізатором шкіри. Добавка може бути ефективною для курчат для відгодівлі за 32 000 ОД/кг корму та за 48 000 ОД/кг корму для індиків за вирощування на м'ясо та відгодівлі свиней [11].

Науковці встановили, що ферментовані корми мають важливий вплив на мікрофлору сліпої кишки гусей і можуть впливати на ріст і розвиток птиці, травлення та здоров'я кишківника [23].

За додавання 7,5 % ферментованого корму маса гусей зросла на 5,6 % ($p<0,05$), перетравність корму – на 4,2 % ($p<0,05$). Покращився функціональний рівень обміну амінокислот і вуглеводного обміну у гусей. Отже, це сприяло біосинтезу активних ферментів, транспорту та метаболізму вуглеводів, розщепленню неперетравлювальних вуглеводів і додатково покращувало засвоєння та використання поживних речовин [21, 22].

Встановлено, що використання нетрадиційних кормових добавок забезпечує прискорення несучості на 18,9 %, сприяє підвищенню життєздатності гусенят та вмісту каротиноїдів у жовтках на 16 % [5].

Проведеними дослідженнями на курчатах-бройлерах, які отримували до основного раціону на основі кукурудзяно-соєвого борошна Hemicell® HT у кількості 0,025, 0,05 та 0,075 %, встановлено позитивне зростання маси у період з 0 до 6 тижнів. Конверсія корму для груп з додаванням ферментного препарату в кількості 0,025 та 0,05 % була значно вищою ($p<0,05$), ніж у контролі (без додавання препарату). У періоди від 0 до 6 тижнів Hemicell® HT помітно підвищив ($p<0,05$) концентрацію IgM у сироватці крові бройлерів. Результати вказують на те, що Hemicell® HT може покращити не лише показники росту, а й імунний захист бройлерів [11, 18].

Вчені доводять переваги додавання ферментативних коктейлів для продуктивності та здоров'я гусей за вирощування на м'ясо [15], пребіотиків, включаючи утворення коротколанцюгових жирних кислот і молочної кислоти як продуктів мікробної ферментації, зниження рівня колонізації патогенів і потенційну користь для здоров'я птиці [13, 20].

Hemicell® HT – ферментний продукт, виготовлений компанією ChemGen у США. Ці продукти добре відомі у світі, широко застосовуються для підвищення ефективності годівлі, оптимізації економічних витрат, особливо за використання раціонів для птиці та свиней на основі сої і соняшнику. Препарати є повністю безпечними, їх використовують фахівці з годівлі тварин упродовж тривалого часу. Їх основний активний інгредієнт – фермент β-маназа, що впливає на антипоживні речовини β-манани, які містяться в багатьох рослинних продуктах.

Метою дослідження було з'ясувати вплив ферментного препарату Hemicell® HT у складі кормової сумішки на продуктивність молодняку гусей у період їх інтенсивного росту.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальні дослідження було проведено в умовах ФГ «Добробут» Черкаської області.

Для вирішення поставлених завдань у період з квітня до серпня 2022 року було проведено науково-господарський експеримент на помісних гусенятах шадринської та італійської порід. Групи було підібрано за принципом аналогів з урахуванням живої маси, породи, віку та стану здоров'я ($n=200$) по 50 голів у кожній (перша група гусенят була контрольною, друга, третя та четверта групи – дослідні).

Живу масу гусенят визначали шляхом індивідуального зважування через 10 днів (з точністю до 1 грама). Також проводили контроль утримання гусенят. Всі групи утримувались в однакових умовах. У період проведення досліджень фермерське господарство було безпечним з інфекційних та інвазійних захворювань. До зоогігієнічної оцінки приміщення упродовж перших двох тижнів входило: облік щільності посадки птиці, освітленість, тривалість світлового дня, дослідження температури та відносної вологості повітря, а також умови напування та фронт годівлі, що відповідали рекомендованим нормам. Щодоби враховувалась

кількість виданого корму та його залишків. Щодня обліковували збереженість гусенят.

Протягом досліду годівлю гусенят здійснювали за двома періодами: 1–20 доба та 21–66 доба. Також визначали витрати корму на 1 кг приросту. Збалансована за поживними речовинами та енергією годівля гусенят здійснювалась повнораціонними кормовими сумішками, згідно з діючими нормами, відповідно до ДСТУ 4120-2002 «Комбікорми повнораціонні для сільськогосподарської птиці», для першої контрольної групи – без ферментного препарату, а дослідним другій, третій та четвертій групам додатково до кормосумішки вводили ферментний препарат Hemicell® НТ (1 кг містить діючої речовини β-манази – $160x10^6$ од.): для другої дослідної групи – 150 г, для третьої – 250 г і для четвертої дослідної групи – 310 г на 1 тонну корму.

За час досліджень було дотримано усіх біоетичних вимог у ставленні до тварин, що відповідають Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 28.03.2006 р., наказу Міністра освіти і науки, молоді та спорту України № 249 від 01.03.2012 р., зареєстрованого у Міністерстві юстиції 16.03.2012 р. за № 416/20729 про «Порядок проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах» та Європейській конвенції про захист хребетних тварин від 13.11.1987 р.

Результати досліджень та обговорення. Складний процес індивідуального розвитку організму представляє сукупність кількісних та якісних змін, що відбуваються після акту запліднення яйцеклітини та утворення зиготи, протягом усього життя особини, відповідно до успадкованого генотипу та норми реакції.

Ще Ч. Дарвін представляв індивідуальний розвиток організму як сукупність двох процесів: зростання та розвитку. «Будь-який організм, – писав він, – досягає зрілості після більш-менш тривалого періоду росту і розвитку: перший із цих термінів означає лише збільшення розмірів, а термін «розвиток» – зміну будови. Використання ферментного препарату Hemicell® НТ у годівлі гусенят-бройлерів у складі кормосумішки дало змогу отримати дані, що наведено в таблиці 1.

Періодичне індивідуальне зважування гусенят упродовж усього періоду вирощування вказує на те, що ферментний препарат Hemicell® НТ у досліджуваних дозах дає неоднаковий вплив на ріст та розвиток птиці. За однакової живої маси на початку досліду жива маса гусенят наприкінці першої декади мала відмінність. Причому найвищий результат було отримано за найменшої дози ферментного препарату.

Так, якщо у гусенят 1-ї контрольної групи середня жива маса однієї голови була 381,9 г, то у аналогів 2-ї дослідної групи вона була вищою на 34,2 г, або на 9 %. У той час, як гуси 3-ї та 4-ї дослідних груп переважали аналогічний показник контролю, відповідно на 11,3 г та 28,1 г, або 3,0 % ($p\leq0,01$) та 7,4 % ($p\leq0,001$).

У 21-добовому віці середня жива маса одного гусеняти у дослідних групах була подібною (873,1–877,5 г), проте перевищувала показник 1-ї контрольної групи на 60,2–63,6 г ($p\leq0,001$). З третього тижня досліду і до його закінчення найбільшу інтенсивність росту мали гусенята 3-ї дослідної групи. У місячному віці їх жива маса перевищувала аналогів 1-ї контрольної групи на 11,5, у 41 добовому – на 12,9, у 51 добовому – на 11,3 та наприкінці досліду – на 10,8 % ($p\leq0,001$).

Таблиця 1 – **Динаміка живої маси гусенят,** г $\overline{O}\pm S_{\overline{O}}$ (n=50)

Вік, діб	Група			
	1	дослідна		
	контрольна	2	3	4
1	95,9±0,16	96,1±0,15	96,2±0,16	96,0±0,14
11	381,9±3,23	416,1±2,99***	393,2±3,15**	410,0±4,05***
21	812,9±9,10	873,1±15,12***	875,2±13,91***	877,5±14,99***
31	1379,9 ±14,77	1468,1±12,80***	1539,2±16,45***	1514,0±17,12***
41	2011,9 ±42,51	2133,1±\39,90*	2272,2±40,70***	2186,0±44,13**
51	2762,9 ±17,02	2895,1±19,43***	3074,2±21,22***	2962,0±18,17***
61	3563,9±24,36	3749,1±25,01***	3947,2±30,30***	3801,1±27,23***
66	3990,4±48,62	4194,0±47,21**	4419,7±53,13***	4265,5±50,68***
Абсолютний приріст	3894,5±48,61	4098,5±48,02**	4323,5±50,06***	4166,5±49,41***
у % до контролю	100	105,2	111,0	107,0

Примітка: * – $p\leq0,05$; ** – $p\leq0,01$; *** – $p\leq0,001$, порівняно з контрольною групою.

Додавання до кормосуміші гусей 2-ї дослідної групи ферментного препарату у кількості 150 г на 1 т корму дала змогу в аналогічних вікових періодах збільшити живу масу гусенят, порівняно з аналогами 1-ї контрольної групи, на 4,8–6,4 % ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$). А за дози ферментного препарату 310 г на 1 т в раціонах гусенят 4-ї дослідної групи підвищилась їх жива маса, порівняно з аналогічним показником контролю у віці 31, 41, 51 та 66 доби вирощування, відповідно на 9,7; 8,7; 7,2 та 6,9 %. В середньому за дослід абсолютний приріст живої маси гусенят 1-ї контрольної групи становив 3894,5 г, тим часом у гусей 2-ї дослідної групи – 4098,5 г, 3-ї – 4323,5 г та 4-ї – 4166,5 г, що, відповідно, вище порівняно з аналогами 1-ї контрольної групи на 5,2, 11,0 та 7,0 %.

На інтенсивність росту молодняку гусей вказує відносний приріст живої маси, результати розрахунку якого наведено на рисунку 1.

Ці зміни відносного приросту живої маси гусенят доводять, що найвища інтенсивність їх росту спостерігається в перші 10 діб життя. Якщо у гусей 1-ї контрольної групи вона становила 119,7 %, то у аналогів 2–4-ї дослідних груп вона була на рівні 121,4–124,9 %.

До шістдесят шостої доби, тобто до завершення експерименту, інтенсивність росту гусенят знизилася до 11,2–11,5 % у всіх групах. Слід зазначити, що найменша доза ферментного препарату в гусенят 2-ї дослідної групи з 21 до 51 добу забезпечувала інтенсивність росту, що поступається аналогам 1-ї контрольної групи. Середнє дозування ферментного препарату для гусей 3-ї дослідної групи дало змогу до 41 доби вирощування отримати інтенсивність росту гусенят на 1,2–3,9 % вище, ніж у аналогів 1-ї контрольної групи, а надалі поступалося їм на 0,4–1,5 %. Найвища доза ферментного препарату у кормосуміші гусей 4-ї дослідної групи упродовж першого місяця життя гусенят забезпечувала високу інтенсивність їх росту, а у подальшому вона також поступалася аналогам 1-ї контрольної групи.

Зміна абсолютного та відносного приросту живої маси гусенят протягом науково-господарського досліду пояснюється різницею у середньодобовому прирості. Проведений розрахунок середньодобового приросту гусенят за період досліду представлено у таблиці 2.

Якщо до кінця першого періоду вирощування (21 день) середньодобовий приріст гусенят 1-ї контрольної групи був на рівні 43,1 г, то до кінця відгодівлі (66 доба) він зріс до 85,3 г.

Властивості ферментного препарату певним чином вплинули на обмінні процеси в організмі птиці. Якщо наприкінці першої декади найбільш позитивний вплив на організм виявили низьке і високе дозування ферментного препарату (птиця 2-ї і 4-ї дослідних груп) в результаті чого, порівняно з показником 1-ї контрольної групи, різниця в середньодобовому прирості склала 3,4 і 2,8 г ($p \leq 0,001$), то середнє дозування ферментного препарату (птиця 3-ї дослідної групи) забезпечило відмінність лише в 1,1 г ($p \leq 0,01$).

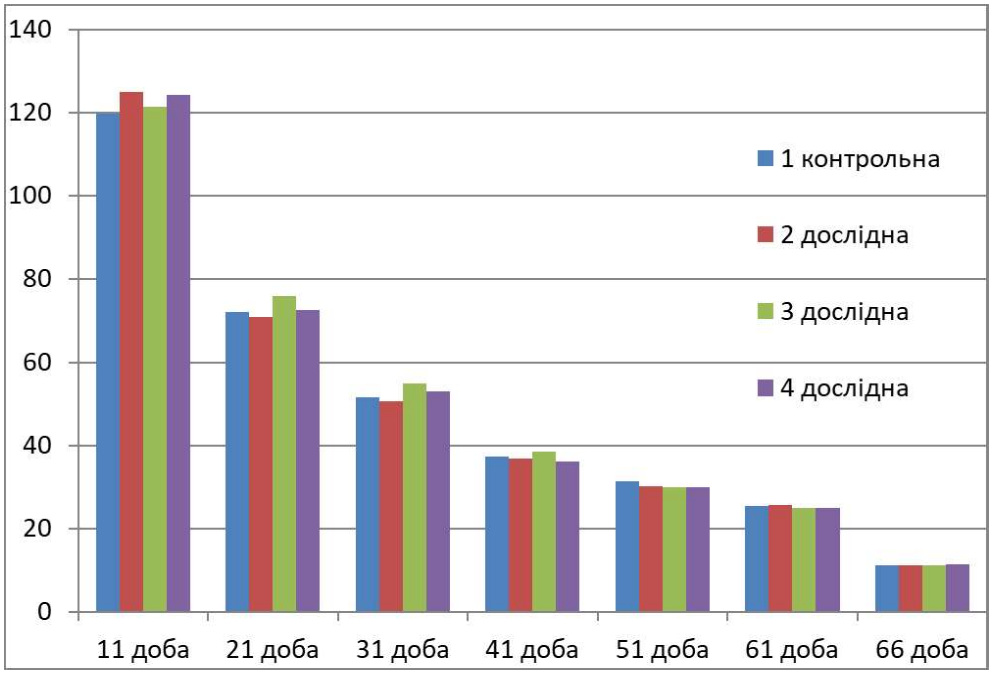


Рис. 1. **Відносний приріст живої маси гусенят,** %.

Таблиця 2 – **Динаміка середньодобового приросту гусенят,** г $\overline{D} \pm S_{\overline{D}}$ (n=50)

Вік, днів	Група			
	1 контрольна	дослідна		
		2	3	4
11	28,6 ±0,27	32,0±0,23***	29,7 ±0,25**	31,4±0,29***
21	43,1±0,64	45,7±0,82**	48,2±0,79***	46,7±0,80***
31	56,7±2,94	59,5±2,40	66,4±2,65**	63,7±3,02
41	63,2±2,93	66,5±2,85	73,3±3,13*	67,2±3,44
51	75,1±3,13	76,2±3,35	80,2±3,51	77,6±3,22
61	80,1±2,46	85,4 ±2,39	87,3±2,61	83,9±2,48
66	85,3±3,07	89,1±2,91	94,5±3,17*	92,3±3,55
Загалом за дослід	59,9±0,75	63,0±0,70**	66,5±0,81***	64,1±0,79***
У % до контролю	100	105,2	111,0	107,0

Примітка: * – p≤0,05; ** – p≤0,01; *** – p≤0,001 порівняно з контрольною групою.

Однак до кінця першого періоду вирощування (до 21 доби) найбільший середньодобовий приріст спостерігали у гусей 3-ї дослідної групи, порівняно з аналогічним показником контролю. Так, якщо в гусей 1-ї контрольної групи середньодобовий приріст становив 43,1 г, то у аналогів 2-ї дослідної групи він був вищим на 2,6 г (p≤0,01), у 3-ї – на 5,1 та у 4-ї групи – на 3,6 г (p≤0,001). Ця закономірність збереглася до кінця досліду, причому з достовірними відмінностями у гусенят 3-ї дослідної групи, порівняно з контролем у віці 31 доби – на 9,7 г (p≤0,01), 41 доби – 10,1 г (p≤0,05), 66 – на 9,2 г (p≤0,05). У гусей 2-ї та 4-ї дослідної груп упродовж одного вікового періоду середньодобовий приріст гусенят був вищим, ніж у аналогів контрольної групи, проте не мав достовірних відмінностей.

Зрештою загалом за дослід середньодобовий приріст гусенят 1-ї контрольної групи становив 59,9 г, 2-ї – він був вищим на 3,1 г (p≤0,01), або на 5,2 %, у 3-ї – 6,6 г (p≤0,001), або на 11 % і у 4-ї – на 4,2 г (p≤0,001), або на 7 %, порівняно з аналогічним показником 1-ї контрольної групи.

Висновки. Додавання до кормосумішей гусей за вирощування на м'ясо ферментного препарату Hemicell® HT у дозах 150 г, 250 та 310 г на 1 тонну корму позитивно вплинуло на їх продуктивність. Так, за дози 150 г на тонну корму гуси 2-ї дослідної групи переважали аналогів контролю за середньодобовими приростами живої маси на 3,1 г (p≤0,01), або на 5,2 %, за дози 250 г на тонну корму гуси 3-ї дослідної групи переважали на 6,6 г (p≤0,001), або на 11 %, і гуси 4-ї дослідної групи за дози препарату 310 г на тонну корму мали перевагу над контрольними аналогами на 4,2 г (p≤0,001), або на 7 %.

Внаслідок згодовування ферментного препарату у складі кормосумішей найвищий показник живої маси мали гуси 3-ї дослідної групи 4419,7 г, що на 11 % переважав аналогів контролю та на 4,8 % і 4,0 %, відповідно, аналогічний показник 2-ї та 4-ї дослідних груп.

Пропонуємо до складу кормосумішей для гусей за вирощування на м'ясо додавати ферментний препарат Hemicell® HT у кількості 250 г на тонну корму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баланчук І. М. Практичне застосування ферментів у тваринництві. Птахівництво України і світу. 2014. URL:http://market.avianua.com/?p=3958

2. Бомко Л. Г. Вплив ферменту целюлази на хімічний склад та біологічну цінність м'язів курчат-бройлерів. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва, 2014. № 1. С. 24–27.

3. Борисенко К. Майбутнє кормових ферментів. Наше Птахівництво, 2018. URL:https://agrotimes.ua/article/majbutne-kormovih-fermentiv/

4. Бородай В. П., Сахацький М. І., Ветрійчук А. І., Мельник В. В. Технологія виробництва продукції птахівництва: підручник. Вінниця: Нова Книга, 2006. 360 с.

5. Фіалович Л., Кирилів І., Паскевич Г. Вирощування гусей з використанням нетрадиційних добавок у комбікорми. Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Сільськогосподарські науки. 2018. 20 (84). С. 127–130. DOI:10.15421/nvlvet8423

6. Effect of Dry and Wet Feed on Growth Performance. Carcass Traits, and Apparent Nutrient Digestibility in Geese / Z. L. Liu et al. Journal of

Applied Poultry Research. 2019. Vol. 28. Issue 4. P. 1115–1120. DOI:10.3382/japr/pfz074

7. Dobos Á., Bársony P., Posta J., Babinszky L. Effect of different lysine-metabolized energy ratio on performance of meat-type geese. Acta Agraria Debreceniensis. 2017. 73. P. 39–42. DOI:10.34101/actaagrar/73/1624

8. Dobos Á., Bársony P., Posta J., Babinszky L. Effect of feeds with different crude fiber content on the performance of meat goose. Acta Agraria Debreceniensis. 2019. 2. P. 5–8. DOI:10.34101/actaagrar/2/3670

9. Effect of Dietary Ramie Powder at Various Levels on the Growth Performance, Meat Quality, Serum Biochemical Indices and Antioxidative Capacity of Yanling White Geese / Ch. Fengming et al. Animals. 2022. 12 (16). 2045 p. DOI:10.3390/ani12162045

10. Effects of straw fodder with low zinc level and adding phytase on growth performance, tibia development and antioxidant capacity of Wulong geese aged from 5 to 16 weeks / G.E., WenHua et al. Chinese Journal of Animal Nutrition. 2017. 29. 7. P. 2357–2365.

11. Effect of β-Mannanase (Hemicell®) on Growth Performance andImmunity ofJapanese quail / H. Genedy et al. Benha Veterinary Medical Journal. 2018. 34 (9). P. 84–111. DOI:10.21608/BVMJ.2018.29415

12. Gut microbiota correlates with fiber and apparent nutrients digestion in goose / L. Guojun et al. Poultry Science. 2018. Vol. 97. Issue 11. P. 3899–3909. DOI:10.3382/ps/pey249

13. Fermented feed regulates growth performance and the cecal microbiota community in geese / Y. Junshu et al. Poultry Science. 2019. Vol. 98. Issue 10. P. 4673–4684. DOI:10.3382/ps/pez169

14. Khalid Al. Q., AlJohny B. O., Wainwright M. Antibacterial effects of pure metals on clinically important bacteria growing in planktonic cultures and biofilms. African Journal of Microbiology Research. 2014. 8 (10). P. 1080–1088. DOI:10.15587/2313-8416.2016.58827

15. Plouhinec L., Neugnot V., Lafond M., Berrin J.-G. Carbohydrate-active enzymes in animal feed. Biotechnology Advances. 2023. Vol. 65. DOI:10.1016/j.biotechadv.2023.108145

16. NabipourAfrouzi H., Rezaei M., Taghizadeh V. Effect of guar meal and Hemicell enzyme on performance and carcass characteristics in broiler chicks. Animal Production Research. 2016. Vol. 4 (4). P. 75–87.

17. 1-Deoxynojirimycin from mulberry leaves changes gut digestion and microbiota composition in geese / Q. Hou et al. Poultry Science. 2020. Vol. 99. Issue 11. P. 5858–5866. DOI:10.1016/j.psj.2020.07.048

18. Safety and efficacy of Hemicell® HT (endo-1,4-β-d-mannanase) as a feed additive for chickens for fattening, chickens reared for laying, turkey for fattening, turkeys reared for breeding, weaned piglets, pigs for fattening and minor poultry and porcine species / G. Rychen et al. EFSA Journal [Internet]. Wiley. 2017. 15 (1). DOI:10.2903/j.efsa.2017.4677

19. Lithium in the natural environment and its migration in the trophic chain / O.I. Sobolev et al. Ukrainian Journal of Ecology. 2019. 9 (2). P. 195–203.

20. Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome / S.C. Ricke et al. Poultry Science. 2020. Vol. 99. Issue 2. DOI:10.1016/j.psj.2019.12.018

21. Effects of fermented feed on growth performance and intestinal microorganisms of Hebei meat geese / Y. Sun et al. Pakistan J. Zool. 2022. P. 1–13. DOI:10.3389/fvets.2023.1284523

22. Comparative characterization of bacterial communities in geese fed all-grass or high-grain diets / Q. Xu et al. PLoS One. 2017. 12 (10). DOI:10.1371/journal.pone.0185590

23. Fermented feed regulates growth performance and the cecal microbiota community in geese / J. Yan et al. Poult Sci. 2019. 98 (10). P. 4673–4684. DOI:10.3382/ps/pez169

24. Linoleic acid on growth performance, slaughter performance, meat quality and nutrient availabilities of meat geese aged from 5 to 16 weeks / Y. Y. Zhang et al. Chin. J. Anim. Nutr. 2016. 28. P. 3473–3482.

REFERENCES

1. Balanchuk, I. M. (2014). Praktychne zastosuvannia fermentiv u tvarynnytstvi [Practical use of enzymes in animal husbandry]. Ptakhivnytstvo Ukrainy i cvitu [Poultry breeding of Ukraine and the world]. Available at:http://market.avianua. com/?p=3958

2. Bomko, L. H. (2014). Vplyv fermentu tseliulazy na khimichnyi sklad ta biolohichnu tsinnist m'iaziv kurchat-broileriv [Effect of cellulase enzyme on the chemical composition and biological value of broiler chicken muscles]. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva [Technology of production and processing of livestock products], no. 1, pp. 24–27. (in Ukrainian)

3. Borysenko, K. (2018). Maibutnie kormovykh fermentiv [The future of feed enzymes]. Nashe Ptakhivnytstvo [Our Poultry]. Available at:https://agrotimes.ua/ article/majbutne-kormovih-fermentiv/ (in Ukrainian)

4. Borodai, V. P., Sakhatskyi, M. I., Vetriichuk, A. I., Melnyk, V. V. (2006). Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii ptakhivnytstva: pidruchnyk [Poultry production technology: textbook]. Vinnytsia: New Book, 360 p. (in Ukrainian)

5. Fialovych, L., Kyryliv, I., Paskevych, H. (2018). Vyroshchuvannia husei z vykorystanniam netradytsiinykh dobavok u kombikormy [Breeding of geese with the use of non-traditional additives in compound feed]. Naukovyi visnyk LNU veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii [Scientific Bulletin of the LNU of Veterinary Medicine and Biotechnology]. Silskohospodarski nauky [Agricultural sciences], 20 (84), pp. 127–130. DOI:10.15421/nvlvet8423 (in Ukrainian)

6. Liu, Z. L., Huang, X. F., Luo, Y., Xue, J. J., Wang, Q. G., Wang, Y.M., Wang, C. (2019). Effect of Dry and Wet Feed on Growth Performance, Carcass Traits, and Apparent Nutrient Digestibility in Geese. Journal of Applied Poultry Research, Vol. 28, Issue 4, pp. 1115–1120. DOI:10.3382/japr/pfz074

7. Dobos, Á., Bársony, P., Posta, J., Babinszky, L. (2017). Effect of different lysine-metabolized energy ratio on performance of meat-type geese. Acta Agraria

Debreceniensis, 73, pp. 39–42. DOI:10.34101/actaagrar/73/1624

8. Dobos, Á., Bársony, P., Posta, J., Babinszky, L. (2019). Effect of feeds with different crude fiber content on the performance of meat goose. Acta Agraria Debreceniensis, 2, pp. 5–8. DOI:10.34101/actaagrar/2/3670

9. Fengming, Ch., Jieyi, He., Xin, W., Tuo, Lv., Chunjie, L., Liping, L., Zibo, Li., Jun, Z., Bingsheng, He., HuaJiao Q., Qian, L. (2022). Effect of Dietary Ramie Powder at Various Levels on the Growth Performance, Meat Quality, Serum Biochemical Indices and Antioxidative Capacity of Yanling White Geese. Animals, 12 (16), 2045 p. DOI:10.3390/ani12162045

10. WenHua, G.E. (2017). Effects of straw fodder with low zinc level and adding phytase on growth performance, tibia development and antioxidant capacity of Wulong geese aged from 5 to 16 weeks. Chinese Journal of Animal Nutrition, 29, 7, pp. 2357–2365.

11. Genedy, H., Shousha, S., Azab, M., Ismail, R., Nafeaa, A. (2018). Effect of β-Mannanase (Hemicell®) on Growth Performance andImmunity ofJapanese quail. Benha Veterinary Medical Journal, 34 (9), pp. 84–111. DOI:10.21608/BVMJ.2018.29415

12. Guojun, L., Xu, L., Xiuhua, Z., Aizhong Z., Ning J., Lingyu Y., Meng H., Li Xu., Liyan D., Manyu Li., Zhenhua G., Xin Li., Jinyan S., Jingming Z., Yanzhong F., Haijuan He., Hongda Wu., Xiangkui Fu., He, M. (2018). Gut microbiota correlates with fiber and apparent nutrients digestion in goose. Poultry Science, Vol. 97, Issue 11, pp. 3899–3909. DOI:10.3382/ps/pey249

13. Junshu, Y., Bo, Z., Yumeng, Xi., Hailin, H., Mingyang, Li., Jianning, Yu., Huanxi, Z., Zichun, D., Shijia, Y., Weiren, Z., Zhendan, S. (2019). Fermented feed regulates growth performance and the cecal microbiota community in geese. Poultry Science, Vol. 98, Issue 10, pp. 4673–4684. DOI:10.3382/ps/pez169

14. Khalid, Al. Q., AlJohny, B. O., Wainwright, M. (2014). Antibacterial effects of pure metals on clinically important bacteria growing in planktonic cultures and biofilms. African Journal of Microbiology Research, 8 (10), pp. 1080–1088. DOI:10.15587/2313-8416.2016.58827

15. Plouhinec, L., Neugnot, V., Lafond, M., Berrin, J.-G. (2023). Carbohydrate-active enzymes in animal feed. Biotechnology Advances, Vol. 65. DOI:10.1016/j.biotechadv.2023.108145

16. NabipourAfrouzi,H.,Rezaei,M.Taghizadeh,V. (2016). Effect of guar meal and Hemicell enzyme on performance and carcass characteristics in broiler chicks. Animal Production Research. Vol. 4 (4), pp. 75–87.

17. Hou, Q., Qian, Z., Wu, P., Shen, M., Long, Li., Zhao, W. (2020). 1-Deoxynojirimycin from mulberry leaves changes gut digestion and microbiota composition in geese. Poultry Science, Vol. 99, Issue 11, pp. 5858–5866. DOI:10. 1016/j.psj.2020.07.048

18. Rychen, G., Aquilina, G., Azimonti, G., Bampidis, V., Bastos, M. de L. (2017). Safety and efficacy of Hemicell® HT (endo-1,4-β-d-mannanase) as a feed additive for chickens for fattening, chickens reared for laying, turkey for fattening, turkeys reared for breeding, weaned piglets, pigs for fattening and minor poultry and porcine species. EFSA Journal [Internet]. Wiley, 15 (1). DOI:10.2903/j.efsa.2017. 4677

19. Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Darmohray, L. M. (2019). Lithium in the natural environment and its migration in the trophic chain. Ukrainian Journal of Ecology, 9 (2), pp. 195–203.

20. Steven, C. Ricke., Sang, In Lee., Sun, Ae Kim., Si, Hong Park., Zhaohao, Shi. (2020). Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome. Poultry Science, Vol. 99, Issue 2. DOI:10.1016/j.psj.2019.12.018

21. Sun, Y., Guo, W., Wei, Y., Guo, X., Zhu, B. (2022). Effects of fermented feed on growth performance and intestinal microorganisms of Hebei meat geese. Pakistan J. Zool, pp. 1–13. DOI:10.3389/fvets.2023.1284523

22. Xu, Q., Yuan, X., Gu, T., Li, Y., Dai, W., Shen, X., Song, Y., Zhang, Y., Zhao, W., Chang, G., Chen, G. (2017). Comparative characterization of bacterial communities in geese fed all-grass or high-grain diets. PLoS One, 12 (10). DOI:10.1371/journal.pone.0185590

23. Yan, J., Zhou, B., Xi, Y., Huan, H., Li, M., Yu, J., Zhu, H., Dai, Z., Ying, S., Zhou, W., Shi, Z. (2019). Fermented feed regulates growth performance and the cecal microbiota community in geese. Poult Sci., 98 (10), pp. 4673–4684. DOI:10.3382/ps/pez169

24. Zhang, Y. Y., Wang, B. W., Ge, W. H., Zhang, M. A., Yue, B., Zheng, H. W., Min, R., Zenan, Z. (2016). Linoleic acid on growth performance, slaughter performance, meat quality and nutrient availabilities of meat geese aged from 5 to 16 weeks. Chin. J. Anim. Nutr., 28, pp. 3473–3482.

Effectiveness of the use of enzyme preparation Hemicell® HT for growing young goslings

Babenko S., Bomko V., Kuzmenko O., Cherniavskyi O., Tytariova O., Slomchynskyi M., Nedashkivsky V., Soboleva S.

Agricultural waterfowl have certain biological characteristics: intensive metabolism and rapid growth, early maturity and significant reproduction potential, high body temperature, and resistance to many infectious diseases.

The article presents the results of an experimental study of the effect of the exogenous enzyme preparation Hemicell® HT (1 kg contains the active ingredient β-mannase - 160x106 units) on the productive qualities of young goslings of Shadryna and Italian breeds. To achieve this goal, four experimental groups of goslings were formed: Group 1 - control, 2, 3, 4 - experimental, which were fed the enzyme preparation Hemicell® HT as part of a complete feed mixture - 150 g for the second experimental group, 250 g for the third and 310 g for the fourth experimental group per 1 tonne of fodder.

It was found that the introduction of the exogenous enzyme preparation Hemicell® in the above doses into the diet of young geese significantly affects the growth rate of young geese and metabolic processes in their bodies. If at the end of the first decade the most positive effect on the body was found in low and high

dosage of the enzyme preparation (birds of the 2nd and 4th groups), as a result of which, compared to the analogues of the 1st control group, the difference in the average daily gain was 3.4 and 2.8 g ($p<0.001$), then the average dosage of the enzyme preparation in the analogues of the 3rd experimental group provided a difference of only 1.1 g ($p<0.01$).

However, by the end of the first rearing period (up to 21 days), the highest average daily weight gain was observed in geese of the 3rd experimental group compared to the analogues of the control, 2nd and 4th experimental groups. Thus, while the average daily weight gain in geese of the 1st control group was 43.1 g, this figure was 2.6 g higher in the 2nd group ($p<0.01$), 5.1 g in the 3rd group and 3.6 g in the 4th group ($p<0.001$). This pattern was maintained until the end of the experiment, with significant differences in goslings of the 3rd experimental group compared to the control: at the age of 31 days - by 9.7 g ($p<0.01$), 41 days - by 10.1 g ($p<0.05$), 66 days - by 9.2 g ($p<0.05$). In geese of the 2nd and 4th groups, the average daily weight gain was higher than in the control group, but did not have significant differences during the same age period.

As a result, in general, the average daily weight gain of goslings of the 1st control group was 59.9 g, in the 2nd experimental group it was 3.1 g ($p<0.01$), or 5.2%, in the 3rd - 6.6 g ($p<0.001$), or 11%, and in the 4th group - 4.2 g ($p<0.001$), or 7.0%, compared to the same indicator of the control.

The use of the enzyme preparation had a positive effect on the goslings' organism, which made it possible to realise the genetic potential of goslings' productivity at a higher level in all experimental groups, but the highest growth rate was observed in the 3rd experimental group of geese.

Key words: geese, Shadryna breed, Italian breed, enzyme preparation, Hemicell® HT, weight gain, live weight.

Copyright: Бабенко С. П. 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 С. П. https://orcid.org/0000-0001-5131-4999
Бомко В. С. https://orcid.org/0000-0001-5558-6924
Кузьменко О. А. https://orcid.org/0000-0003-4553-9950
Чернявський О. О. https://orcid.org/0000-0003-0713-6587
Титарьова О. М. https://orcid.org/0000-0003-4820-809X
Сломчинський М. М. https://orcid.org/0000-0001-5197-2684
Недашківський В. М. https://orcid.org/0000-0001-5487-6807
Соболєва С. В. https://orcid.org/0000-0001-9102-9666

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.4

Вплив розміру свиноферми на реалізацію відтворювальних якостей свиноматок данської селекції

Вощенко І. Б., Повод М. Г.

Сумський національний аграрний університет

Повод М. Г. E-mail: nic.pov@ukr.net

OPEN ACCESS

Вощенко І. Б., Повод М. Г. Вплив розміру свиноферми на реалізацію відтворювальних якостей свиноматок данської селекції. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 51–63.

Voshchenko I., Povod M. The influence of the size of the pig farm on the realization of the reproductive qualities of sows of danish breeding. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 51–63.

Рукопис отримано: 27.03.2024 р.
Прийнято: 09.04.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-51-63

Вивчено вплив розміру свиноферми на реалізацію генетичного потенціалу свиней данської селекції та залежність інтенсивності використання свиноматок на фермах різної потужності в західній частині півострова Jylland королівства Данія. Встановлено, що зі збільшенням середньорічної чисельності свиноматок на свинофермі покращувались їх відтворювальні якості. Найвищими вони виявились у свиноматок на великих підприємствах, де їх чисельність перевищувала 1500 голів. Свиноматки на цих свинофермах мали кращу на 1,6–3,5 % багатоплідність, на 3,2–5,5 % – кількість поросят при відлученні, на 0,5–3,8 % – кількість поросят народжених на одне станкомісце в зоні опоросу та на 2,4–6,5 % кількість відлучених поросят на станок, кращу на 1,6–1,8 % збереженість поросят до відлучення та коротшу на 1,6–8,0 % тривалість підсисного періоду. Водночас у свиноматок цієї групи за майже ідентичних середньодобових приростів були нижчі на 0,5–8,1 % абсолютні прирости, менша на 3,6–6,9 % індивідуальна маса поросят при відлученні порівняно з групами підприємств, де середньорічна чисельність свиноматок була до 1500 голів. Тим часом як за масою гнізда поросят в цей час чіткої закономірності не встановлено.

За комплексними індексами відтворювальної продуктивності свиноматок встановлено їх зростання при підвищенні середньорічної кількості свиноматок на підприємстві. Найвищими ці індекси виявились також у свиноматок у групі підприємств з середньою чисельністю понад 1500 голів. Вони переважали за комплексними показниками тварин з чисельністю до 500 свиноматок на 3,9–4,2 %, з їх середньорічною кількістю від 500 до 1000 – на 2,7–3,7 % і на 1,8–2,3 % їх аналогів з кількістю тварин від 1001 до 1500 голів. Доведено, що зі зростанням розміру свиногосподарства зменшився на 1,6–4,0 % щорічний відсоток введення першоопоросок у стадо, підвищувалась на 0,2–3,1 % частка свиноматок, що опоросилися. Зросла на 1,0–3,1 % середньорічна кількість опоросів на свиноматку, та на 2,5–7,6 % – кількість поросят, відлучених від свиноматки в рік. Водночас не встановлено тенденції за кількістю непродуктивних днів на свиноматку в рік, інтервалом від відлучення до осіменіння та часткою загиблих свиноматок. Визначено, що розмір ферми достовірно з силою 16,5 %, впливав на реалізацію показника багатоплідності свиноматок, з силою 17,1 % – на показник кількості поросят при відлученні та з силою 14,0 % – на масу 1 поросяти при відлученні. Фактор тривалості підсисного періоду чинив достовірний вплив з силою 10,12 % на показник маси одного поросяти при відлученні та з силою 6,91 % – на масу гнізда поросят у цей період, і не впливав на збереженість поросят до відлучення, тоді як багатоплідність і її взаємодія з тривалістю лактації не мали достовірного впливу на ці ознаки.

Ключові слова: свиноматка, данська селекція, генетичний потенціал, розмір ферми, відтворювальна продуктивність, інтенсивність використання, вплив генотипу.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. За прогнозами спеціалістів асоціації свинарів України до 2030 року виробництво свинини в світі зросте на 7,2 %, що, своєю чергою, ще більше загострить конкуренцію на ринку цього продукту [1]. Постійно зростальна конкуренція на ринку свинини спонукає до пошуку шляхів здешевлення її виробництва. Цей процес призводить до підвищення індустріалізації виробництва та його концентрації, яка простежується на всіх материках земної кулі. Не оминають ці тенденції і Європейський континент, де виробництво свинини обтяжене законодавством щодо благополуччя тварин, високою вартістю робочої сили та піддається ризикам з боку епізоотологічної ситуації на континенті. Тому в більшості країн Європи відбувається укрупнення свиноферм шляхом поглинання потужними підприємствами менших за розмірами ферм, що дає змогу більш ефективно використовувати виробничі засоби та раціональніше – робітничий персонал.

Інтенсифікація свинарства полягає у його подальшій індустріалізації, дає змогу за рахунок зростання витрат на голову, а також більш повного і раціонального використання основних виробничих фондів підвищити продуктивність тварин, а, отже, виробництва свинини [2]. Інтенсивне свинарство має переваги щодо покращення відтворних якостей свиней, здоров'я тварин, підвищення харчової безпеки, гігієни, санітарії та біозахисту й багатьох аспектів добробуту порівняно з екстенсивним виробництвом [3].

У світовій галузі свинарства спостерігається тенденція до концентрації та підвищення рівня індустріалізації виробництва свинини. Не викликає сумніву, що великі промислові підприємства швидше впроваджують новітні досягнення науки і техніки для більш ефективного використання приміщень і матеріальних ресурсів, а також для вузької спеціалізації виробничих процесів із залученням висококваліфікованих спеціалістів. Концентрація та спеціалізація виробництва свинини, що супроводжується впровадженням індустріальної технології свинарства, сприяли значному зниженню витрат праці на утримання свиней за рахунок автоматизації виробничих процесів [4].

Підвищення рівня індустріалізації багатьох господарств малого масштабу в Україні, де новітні технології були повністю впроваджені, збільшило виробництво свинини більш ніж удвічі на один квадратний метр виробничої площі та у півтора раза – на одного працівника. Водночас запровадження сучасних технологій на середніх фермах підвищило виробництво на один квадратний метр виробничої площі удвічі, а у великих господарствах – більш ніж утричі. У результаті освоєння новітніх технологій вирощування свиней на середніх господарствах валова продукція на одного працівника зросла в 3,5 раза, на великих промислових комплексах – у 4,6 раза [5].

Відомо, що добробут свиней впливає на їх відтворювальні якості та продуктивність, особливо за утримання тварин у свинокомплексах різної місткості. Питання забезпечення добробуту свиней як на малих, так і на великих свинокомплексах також перебувають під пильною увагою світової спільноти. Різні автори повідомляли про підвищення відтворювальної здатності свиноматок завдяки використанню індустріальних технологій на великих промислових комплексах за рахунок створення більш комфортних умов їх утримання [6]. Зокрема було вказано, що на великих фермах зазвичай є більше простору для утримання підсисних свиноматок з поросятами, що дає змогу їм більш вільно пересуватися, поводитися більш природно. Було доведено, що, коли свині мають достатньо місця, вони менше відчувають скупченість і конкуренцію за ресурси, яка є стрес-фактором і обмежує ріст частини поголів'я [7]. Крім того, більші за розміром ферми можуть мати окремі приміщення для свиней на різних стадіях виробництва, що сприяє оптимізації умов утримання. Однак були і протилежні повідомлення - про погіршення інтенсивності росту поросят, зниження їх збереженості та ваги через виникнення стресів, пов'язаних зі змінами умов утримання при переведенні із маточника на дорощування, ієрархічну боротьбу при велико-груповому розміщенні [8], через зміни способу годівлі або недотримання зоогігієнічних вимог системами створення мікроклімату та інші технологічні причини [9, 10, 11]. Водночас відомі опубліковані дані [12] свідчать про відсутність достовірного впливу масштабів свиноферми на зміни відтворювальних якостей свиней чи росту або збереженості приплоду. Зокрема повідомлялося, що на промислових комплексах зазвичай використовують утримання поросят великими групами, що знижує увагу персоналу до тварин, погіршує їх виживання та продуктивність [13]. Інші автори зазначають про відсутність залежності приростів підсисних поросят від масштабу підприємства та акцентують увагу на технологічних аспектах їх утримання, зокрема на інтенсивності вирощування свиней [14]. Відомо, що ріст свиней залежить від їх генетичного походження [15], системи годівлі [16],

стану здоров'я [17], особливостей технології утримання [18], а також методів управління виробничим процесом, включно із застосуванням елементів цифровізації та точного тваринництва [19]. Великі ферми часто використовують більш спеціалізовані методи управління та професійно підготовлений персонал [20], який займається конкретними завданнями, такими як догляд за підсисними свиноматками та новонародженими поросятами у відділенні для опоросу, розроблення та вдосконалення раціонів, попереджувальна та оперативна ветеринарія та коригування і вдосконалення технології. Це дає змогу впроваджувати більш ефективні стратегії управління, включно з оптимізованими програмами поводження з підсисними поросятами, балансом годівлі і кращим моніторингом здоров'я та росту свиней. Особливо це актуально за використання сучасних гіперплідних ліній свиноматок, яким потрібно створювати спеціальні умови для виживання та вирощування їх багаточисельного потомства, що легше зробити на індустріальному підприємстві [21]. Таким чином, як стверджують [22, 23], добре керовані великі ферми досягають високих продуктивних показників та ефективності використання кормів порівняно з фермами із середньою чи малою кількістю свиней, особливо за використання сучасних спеціалізованих високопродуктивних ліній.

Згідно з аналізом [24] впливу розміру свиноферм на ефективність виробництва, більші ферми (понад 400 свиноматок) технічно ефективніші, ніж середні та малі. Розмір є вирішальним елементом ефективного використання маточного поголів'я та запорукою економічної життєздатності свинарських комплексів. Меншим фермам заважає більша технічна неефективність, у той час як великі ферми досягають кращої відтворної здатності свиноматок, використовуючи як підвищення технічної ефективності, так і більшу економію на масштабі [24]. Натомість іноземні автори [25] стверджують, що великий розмір ферми не завжди позитивно впливає на реалізацію відтворювальних якостей свиноматок. Зокрема, як вважають [26, 27], на малих фермах у невеликих групах в окремих свиней може бути більше можливостей встановити власний соціальний статус і уникнути конкуренції за ресурси, що сприяє підвищенню продуктивності, оскільки свині відчувають менше стресу і можуть легше отримувати ресурси та менше витрачати енергії на ієрархічну боротьбу.

Відомо [28, 29], що свиноферми в Україні умовно поділяються на малі – 6000 голів, середні – від 6000 до 15000 голів та великі – понад 15000 голів. Нині в Україні функціонує 1700 свинокомплексів, на яких утримується понад 4,9 млн свиней. Крім того, лише дев'яносто п'ять підприємств мають поголів'я понад 5000 свиней.

Класифікація свиноферм в ЄС базується на поділі всього стада на 3 категорії: поросята, племінні свиноматки та інші свині. Свиноматки відображають постійне поголів'я свиней, а інші свині – це тварини, відгодовані перед забоєм. З урахуванням цього поділу, ферми в більшості країн Європейського Союзу поділяються на малі – менше 10 свиноматок, середні – від 10 до 400 свиноматок та великі – понад 400 свиноматок постійного поголів'я. Розподіл ферм за розміром поголів'я свиноматок показує, що у дванадцяти державах-членах ЄС (Бельгія, Чеська Республіка, Данія, Естонія, Ірландія, Іспанія, Франція, Італія, Кіпр, Нідерланди, Швеція та Сполучене Королівство) кількість свиноматок на великих фермах становить понад 90 %, тоді як у Польщі та Румунії ця категорія становить приблизно 33 %. Тварини, які утримуються в невеликих фермах із менш, ніж 10 свиноматками, є поширеними в Румунії (62,8 %), Хорватії (45,3 %), Словенії (31,4 %), Литві (28,8 %) та Болгарії (25,8 %). На рівні ЄС кількість невеликих свиноферм складає 73,3 %, але на них вирощують 3,8 % усього поголів'я свиней [30].

Провідне місце у свинарській галузі ЄС відіграє Королівство Данія. У 2022 році Данія була п'ятим за величиною виробником свинини в Європі із загальним виробництвом 1,6 млн тонн. Загальна кількість господарств у країні – 68,8 тис. за середнього розміру фермерського господарства 40 га. З роками масштаби данських свиноферм зросли. Середнє свинарське господарство в Данії мало 2900 свиней у 2012 році проти 5200 у 2022 році. Водночас є декілька дуже великих свиноферм. У 2012 році 4 % господарств мали щонайменше 10 тис. свиней, що становило 20 % від загального їх поголів'я. До 2022 року частка цих дуже великих ферм зросла до 15 %, а кількість поголів'я, яке на них утримується, – до 47 %. При цьому свиноматки данської селекції демонструють високі відтворювальні якості на рівні 2,38–2,45 опоросів на рік, 37,8–41,7 відлучених поросят на свиноматку за цей період, досягаючи рівня опоросу 93,5 % [31].

Потужним гравцем на ринку свинини є США, де сьогодні налічується понад 60 тис. свиноферм. Вони включають ферми різних розмірів і типів. Класифікація свиноферм за масштабами тут спрощена і базується на ранжуванні господарств за кількістю усього пого-

лів'я: дрібні ферми – менше 1000 голів, середні – 1000 –10000 голів, великі – понад 10000 голів та ті, функціонування яких обслуговує вузькі ринкові ніші, наприклад, споживачів, які хочуть придбати свинину, вирощену на вільному вигулі або отриману від рідкісних місцевих чи екзотичних порід [32]. За даними [33], в США більше поросят на одну свиноматку було відлучено на малих, або на великих свинофермах щодо ферм середньої потужності, водночас коефіцієнт опоросу найнижчим був на більшості середніх за розміром господарств. Найвищий показник мертвонароджених поросят було виявлено на малих свинокомплексах, найнижча збереженість перед відлученням – на фермах з великою кількістю поголів'я.

Іншим великим світовим виробником свинини є Бразилія, яка виробляє 4,98 млн т, з яких 1 млн т експортується до 90 країн. Традиційні бразильські свиноферми є невеликими та середніми господарствами, масштаб яких – не більше 250 свиноматок [34]. У Бразилії 41,1 млн свиней вирощують на 30 тис. фермах, здебільшого на півдні та південному сході країни [35].

Світовим лідером виробництва свинини є КНР, де з 2007 року виробництво свинини зросло на 26,6 %, до 55 млн т, а кількість великих ферм з річним виробництвом понад 10 тис. голів зросла на 145 %, кількість середніх ферм зросла на 60 %, а кількість дрібних ферм зменшилася на 54 %. Значна частина виробництва змінилася з екстенсивного натурального господарства на задньому дворі до інтенсивного корпоративного землеробства [36]. Класифікація свиноферм за масштабом включає великі підприємства – понад 10000 голів, середні – 500-9999 голів та малі – менше 500 голів. При цьому великі господарства із найвищим рівнем інтенсивного виробництва мають найвищий рівень рентабельності та інтенсивності росту свиней [37].

Отже, галузь свинарства швидко індустріалізується, а свинарські підприємства, особливо в розвинених країнах, збільшуються в кількості одночасно з утримуваним поголів'ям, створюючи специфічні умови вирощування свиней та впливаючи на їх відтворні якості. Таким чином, розмір свиноферми та пов'язані з цим сукупні фактори можуть мати різносторонній вплив на відтворювальні якості свиноматок та інтенсивність росту підсисних поросят. Тому, враховуючи динаміку зростання розмірів свинарських підприємств як в Україні, так і за кордоном та постійне удосконалення генотипів тварин, що використовуються, подальше дослідження залежності відтворювальних характеристик свиней від масштабу ферми, особливо в країні з найбільш розвиненим свинарством, якою є Королівство Данія, є актуальним і потребує подальшого вивчення.

Мета дослідження. Нами було поставлене завдання проаналізувати реалізацію відтворювальних якостей помісних свиноматок F_1 данської селекції від чисельності їх одночасного утримання на підприємстві.

Матеріал і методи дослідження. Для реалізації поставленої мети було використано дані продуктивності свиноматок та інтенсивності їх використання надані спеціалістами Української асоціації свинарства в Данії (Powered by Porcus), на основі рейтингового аналізу 142 свиноферм DB-Tjek, проведеного консалтинговою фірмою Svine Rådgivningen за результатами 2022 року на західній частині півострова Jylland королівства Данія. Дослідження проведено згідно зі схемою наведеною в таблиці 1.

Аналізу було піддано продуктивні якості помісних свиноматок поєднання ♀Л×♂ВБ, яких осіменяли спермою кнурів термінальної лінії данського дюроку, та інтенсивність їх використання на фермах різної потужності в західній частині півострова Jylland. До першої групи було віднесено невеликі свиноферми з середньорічною чисельністю не більше 500 голів продуктивних свиноматок. До другої групи включали підприємства, в яких щорічно розводили від 501 до 1000 свиноматок. Третю групу склали свинокомплекси, в яких у середньому за рік налічувалось від 1001 до 1500 свиноматок, і до четвертої групи було віднесено великі промислові комплекси з середньорічною чисельністю понад 1500 голів.

У статті використано аналітичні, зоотехнічні та математичні методи досліджень. За загальноприйнятими методиками [38, 39] проводили оцінювання відтворювальних якостей свиноматок та інтенсивності росту підсисних поросят.

Для більш об'єктивного порівняння продуктивності свиноматок, яких розводили в господарствах різної потужності, було розраховано три комплексні індекси відтворювальних якостей авторства різних науковців.

Індекс відтворних якостей свиноматок ІВЯ, відповідно до методики [40], за формулою:

$$ІВЯ = А + 2В + 35\sigma,$$

де: А – кількість поросят при народженні, гол.; В – кількість поросят при відлученні, гол.; σ – середньодобовий приріст від народження до відлучення, кг.

Таблиця 1 – **Схема досліджень**

Показник	Група підприємств			
	I	II	III	IV
Порода і породність свиноматок	½ данський ландрас ½ данський йоркшир			
Порода кнурів	данський дюрок			
Середньорічна кількість свиноматок на свинофермі	до 500	501–1000	1001–1500	більше 1500
Кількість господарств, які піддано аналізу, штук	27	68	34	13

Комплексний продуктивний індекс відтворювальної здатності свиноматки та інтенсивності росту приплоду за формулою [41]:

$$SZFTV = 100 + 5\ (n_0 + n_f + (W_f / 10) - i),$$

де: n_0 – багатоплідність, гол. n_f – кількість поросят при відлученні, гол.; W_f – маса поросят при відлученні, кг; і – цільовий стандарт.

Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС) [42]:

$$СІВЯС = 6X_1 + 9{,}34\ (X_2/X_3),$$

де: СІВЯС – селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматок; X_1 – багатоплідність, гол.; X_2 – маса гнізда поросят при відлученні, кг; X_3 – тривалість підсисного періоду, діб; 6 та 9,34 – коефіцієнти.

Отримані продуктивності та інтенсивності використання свиноматок оброблено методом варіаційної статистики із використанням пакетів прикладного програмного забезпечення MS Excel 2016. Силу впливу фактору розміру свиноферми, тривалості підсисного періоду здійснювали за допомогою однофакторного та двофакторного дисперсійного аналізу. У таблиці дані представлено у вигляді M±m. Достовірність різниці значень у групах враховували за допомогою t-критерія Стьюдента ($^{*}p<0{,}05$; $^{**}p<0{,}01$ та $^{***}p<0{,}001$) після перевірки нормальності розподілу вибірок.

Результати дослідження та обговорення. Як видно з рисунка 1, серед обстежених ферм на західній частині півострова Jylland королівства Данія майже половина ферм мали у виробничому використанні від 501 до 1000 продуктивних свиноматок, тоді як свиноферм менших розмірів виявилось приблизно 20 %. Господарств, у яких для виробництва свинини використовується від 1001 до 1500 голів – було приблизно 25 %, великих господарств з поголів'ям понад 1501 свиноматки – біля 10 %. Тобто, на відміну від українських виробників свинини, виробництво свинини в Данії сконцентроване на свинофермах середнього розміру.

З таблиці 1 видно, що продуктивні якості свиноматок залежали від розміру свинопідприємства, і зі збільшенням розміру ферм простежувалась тенденція до підвищення багатоплідності свиноматок. Так, на фермах, де налічувалось в середньому понад 500 свиноматок, встановлено тенденцію до зростання багатоплідної 0,2 голови, тоді як на фермах з чисельністю свиноматок від 500 до 1000 голів така тенденція становила 0,3 голови. Водночас на великих промислових комплексах, де в середньому утримували понад 2000 свиноматок, їх багатоплідність виявилась достовірно ($p<0{,}05$) на 0,6 голів вище порівняно з малими фермами, тоді як порівняно з іншими групами ферм, достовірної різниці за показником багатоплідності не встановлено.

Враховуючи високу багатоплідність свиноматок данської селекції та у зв'язку з цим необхідність використовування для вигодовування поросят свиноматок мачух, важливим є показник отримання кількості поросят на один станок у цеху опоросу. Як видно з таблиці, цей показник мав тенденцію до росту зі зростанням розміру ферми. У наших дослідженнях його величина виявилася найкращою у третій та четвертій групах підприємств, де кількість одночасного утримання становила понад 1000 голів. Так, у третій групі, де чисельність поголів'я одночасного утримання становила понад тисячу голів, кількість поросят, розрахованих на один станок, виявилась на 0,5 голів ($p<0{,}05$), а в четвертій з середньорічною кількістю свиноматок понад 2000 голів – на 0,6 голів більшою порівняно з підприємствами першої групи, де середньорічна кількість продуктивних свиноматок становила менше 500 голів. Тим часом різниця між другою та першою групами свиноферм становила всього 0,2 голови на користь ферм, в яких налічувалось понад 500 свиноматок. На різних за потужністю фермах встановлено неоднакові терміни переведення поросят на до-

рощування. Так, на свинофермах, де утримували менше тисячі голів, поросят переводили на дорощування на 31,7–32,0 добу, тоді як на підприємствах, у яких утримували понад 1500 свиноматок, поросят переводили на дорощування у віці 29,0–29,4 доби, що на 2,2–3,0 доби раніше ($p<0,05–0,001$), ніж на підприємствах першої та другої груп.

яких простежувалась тенденція до підвищення цього показника в напрямі зростання чисельності середньорічного поголів'я свиноматок на підприємстві.

Кількість відлучених поросят у розрахунку на одне станкомісце для опоросу також виявила тенденцію до приросту в напрямі зростання розміру підприємства. Найвищим цей показ-

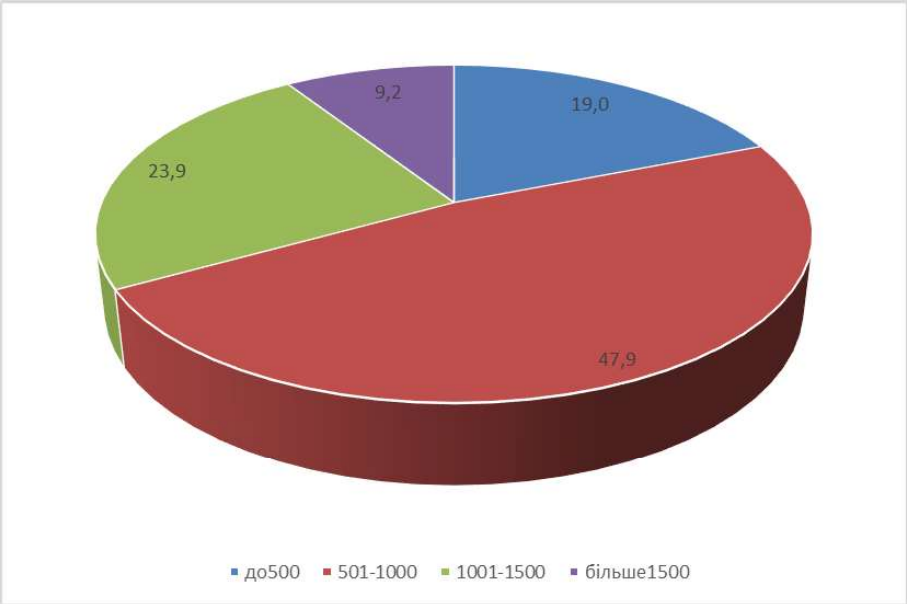


Рис. 1. **Співвідношення ферм різного розміру на західній частині півострова Jylland.**

Відомо, що збереженість поросят має обернену кореляцію з багатоплідністю свиноматок. Однак, у наших дослідженнях погіршення збереженості поросят у свиноматок третьої та четвертої групи, в яких була більша багатоплідність, не встановлено. Водночас виявлено тенденцію до погіршення збереженості поросят у разі продовження терміну їх перебування у станку для опоросу свиноматок. Так, тенденцію до суттєвого покращення збереженості поросят виявлено тільки в четвертій групі підприємств, де вона була на 1,3–1,4 % кращою, ніж в інших групах.

Кількість відлучених поросят залежала як від багатоплідності, так і від збереженості в підсисний період. Вона виявилась вищою в групі підприємств із середньорічною чисельністю свиноматок понад 2000 голів, оскільки в цій групі було встановлено найвищу багатоплідність і виявлено кращу збереженість. Кількість поросят при відлученні у розрахунку на одну свиноматку в цій групі була на 0,3–0,8 голів більшою порівняно з іншими групами, у ник виявився у четвертій групі. Він був вищим на 0,8 голів ($p<0,05$) порівняно з фермами першої групи та мав тенденцію до зростання на 0,3–0,4 голови щодо свиноферм другої та третьої груп.

Маса одного поросяти при відлученні обернено залежна від їх кількості при народженні та відлученні та прямо залежна від тривалості підсисного періоду. Тому закономірно вищим цей показник виявився у тварин першої групи, де була найменша кількість поросят при народженні і відлученні та найдовша тривалість підсисного періоду. Індивідуальна маса поросяти при відлученні в цій групі виявилась вищою на 0,5 кг ($p<0,01$) порівняно з поросятами, відлученими від маток третьої та четвертої груп, та мала тенденцію до зростання на 0,2 кг порівняно з аналогічним показником у тварин другої групи. Водночас тварини другої групи за масою одного поросяти при відлученні на 0,3 кг ($p<0,01$) перевершували свої аналоги з третьої групи та мали тенденційну перевагу на 0,2 кг над ровесниками з четвертої групи.

Таблиця 2 – **Відтворювальні якості свиноматок за різної величини ферми**

Показник	Група свиногосподарств			
	I	II	III	IV
Кількість господарств, штук	27	68	34	13
Середньорічна кількість свиноматок, гол.	378±16,4	732±15,52	1234±25,16	2085±150,88
Багатоплідність, гол.	17,7±0,15	17,9±0,11	18,0±0,12	18,3±0,24 [c]
Кількість народжених поросят на одне станкомісце, гол.	16,0±0,18	16,2±0,13	16,5±0,14 [в]	16,6±0,39
Кількість відлучених поросят на опорос, гол.	15,1±0,20	15,3±0,14	15,4±0,17	15,9±0,30
Кількість відлучених поросят на станокомісце, гол.	11,8±0,22	12,2±0,13	12,3±0,17	12,6±0,34 [c]
Збереженість поросят в підсисний період, %	85,2±0,96	85,5±0,54	85,4±0,70	86,8±0,90
Маса 1-го поросяти при відлученні, кг	6,70±0,127 [ввсс]	6,47±0,087 [d]	6,21±0,089	6,24±0,103
Тривалість підсисного періоду, діб	32,0±0,54 [всcc]	31,7±0,2 [9ее] e	29,0±0,25	29,4±0,80
Маса гнізда поросят при відлученні, кг	101,0±2,36	99,1±1,96	95,6±1,80	99,1±2,25
Абсолютні прирости в підсисний період, кг	5,70±0,127 [вв c]	5,47±0,087	5,21±0,089	5,24±0,103
Середньодобові прирости в підсисний період, г	178±10,38	173±2,59	179±2,97	178±7,08
ІВЯ	54,1±0,53	54,6±0,34	55,1±0,46	56,4±0,72 [c e]
SZFTV	177,2±1,52	179,4±1,12	180,2±1,32	184,2±2,59 [c]
СІВЯС	135,9±1,33	136,5±0,82	139,0±1,06	141,5±1,69 [e]

Примітка: ймовірність – [a]– між I та II групами;[в] – між I та III групами; [c]– між I та IV групами; [d] – між II та III групами; [e]– між II та IV групами; [f]– між III та IV групами.

Як відомо, маса гнізда поросят складається з добутку їх кількості у гнізді на момент відлучення та маси кожного з них у цей час. Як видно з результатів дослідження, найвищою ця маса виявилось у тварин першої групи, де середньорічна кількість свиноматок не перевищувала 500 голів. Тварини цієї групи мали тенденцію до перевищення за показником маси гнізда при відлученні своїх аналогів з другої групи на 1,9 кг, з третьої групи – на 5,3 кг та з четвертої – на 1,8 кг, відповідно. За середньодобовими приростами поросят-сисунів суттєвих розбіжностей між тваринами піддослідних груп не встановлено. Водночас за показником абсолютних приростів поросята першої групи на 0,49 кг ($p<0,01$) переважали аналогів з третьої, та на 0,46 кг – з четвертої групи ($p<0,01$) відповідно, й мали тенденцію до переважання ровесників з другої групи на 0,23 кг.

Для більш повного аналізу відтворювальних показників свиноматок на свинопідприємствах різної потужності було розраховано індекси, які включають різні показники відтворювальної здатності. Так, за індексом відтворювальної продуктивності з обмеженою кількістю ознак (ІВЯ) спостерігали його підвищення зі збільшенням чисельності середньорічного поголів'я свиноматок. Так, найвищим його значення було встановлено у тварин на свинофермах, які мали середньорічну кількість свиноматок понад 2000 голів. За величиною цього індексу вони переважали тварин третьої групи на 1,3, другої – на 1,9 та першої – на 2,3 балів. Своєю чергою, свиноматки третьої групи мали

значення цього індексу на 0,6 балів більше, ніж тварини другої групи та на 1,0 більше порівняно їх аналогами з першої групи. Комплексний індекс SZFTV також мав тенденцію до збільшення в напрямі зростання чисельності одночасного утримання свиноматок на фермі. Найвищим він також виявився в групі підприємств з одночасним утриманням понад 2000 тварин. У свиноматок, які використовувались на фермах з середньою чисельністю тварин 1234 голови, він був на 3,9 балів нижчим, і, своєю чергою, знижувався на 4,8 балів на підприємствах з середньою кількістю свиноматок 732 голови та на 6,9 балів – на свинофермах з чисельністю 378 продуктивних свиноматок.

Зміни селекційного індексу відтворювальних якостей свиноматок (СІВЯС) мали схожу тенденцію. Найвищим цей індекс виявився у тварин четвертої групи, які переважали за цим показником аналогів третьої групи на 2,5 балів, другої – на 5,0 балів та першої – на 5,6 балів.

Таким чином, реалізація відтворюваних якостей свиноматок покращувалась із зростанням середньорічної їх чисельності на свинопідприємстві. Найвищими вони виявились у свиноматок на великих підприємствах, де їх чисельність перевищувала 1500 голів. Свиноматки на цих свинофермах мали кращу на 1,6–3,5 % багатоплідність, на 3,2–5,5 % – кількість поросят в розрахунку на одну свиноматку при відлученні, на 0,5–3,8 % – кількість поросят, народжених на одне станкомісце, та на 2,4–6,5 % – кількість відлучених поросят на станок, кращу на 1,6–1,8 % збереженість поросят до відлучення та коротшу на 1,6–8,0 % тривалість підсисного періоду. Водночас у свиноматок цієї групи за майже рівних середньодобових приростів за рахунок коротшого підсисного періоду були нижчі на 0,5–8,1 % абсолютні прирости і, як результат, меншою на 3,6–6,9 % індивідуальна маса поросят при відлученні порівняно з групами підприємств, де середньорічна чисельність свиноматок була до 1500 голів. Водночас за масою гнізда поросят чіткої закономірності не встановлено.

За розрахованими комплексними індексами, які охоплюють різні показники відтворювальної продуктивності свиноматок, встановлено їх зростання при підвищенні середньорічної чисельності тварин на підприємстві. Найвищими всі три індекси виявились у свиноматок у групі підприємств з середньою чисельністю понад 1500 голів. Вони переважали за комплексними показниками тварин з чисельністю до 500 свиноматок на 3,9–4,2 %, з їх середньорічною кількістю від 500 до 1000 - на 2,7–3,7 % і на 1,8–2,3 % – їх аналогів з одночасною кількістю тварин від 1001 до 1500 голів.

Розмір свинарського підприємства також вплинув на інтенсивність використання свиноматок і на кількість продукції, отриманої від них. Дані таблиці 2 свідчать, що на відміну від загально розповсюдженої думки про те, що на свинокомплексах більшої потужності інтенсивність використання свиноматок, і, відповідно, відсоток їх вибраковування є більшим, у наших дослідженнях спостерігалась тенденція, за якої щорічний відсоток введення першоопоросок у стадо був обернено пропорційним зростанню кількості одночасного утримання свиноматок у них. Так, на свинофермах з середньорічним поголів'ям свиноматок до 1000 голів частка введення у стадо першопоросок становила 24,0–24,1 %, тоді як на комплексах з поголів'ям свиноматок понад 1000 голів воно було на 1,58–4,02 % меншим ($p<0,05$). За інтервалом між відлученням поросят від свиноматки та їх успішним осіменінням відмінностей в розрізі господарств не спостерігалось. Проте простежувалась тенденція до незначного підвищення цього показника на 0,40–0,52 доби в господарствах з середньорічною кількістю свиноматок понад 1500 голів.

Кількість непродуктивних днів на свиноматку в рік залежала від кількості опоросів від неї та водночас тривалості періоду від відлучення поросят до її запліднення. У наших дослідженнях не встановлено чіткої закономірності залежності цього показника від розміру підприємства. Водночас виявлено тенденцію покращення відсотку опоросу свиноматок із зростанням потужності свинопідприємства. Схожа тенденція спостерігалась і за середньорічною кількістю опоросів на свиноматку, де тварини, які утримувались в господарствах з чисельністю від 1000 до 1500 голів, за цим показником на 0,05 опоросів ($p<0,01$) переважали аналогів, які утримувались на фермах з середньорічним поголів'ям від 500 до 1000 голів та виявили тенденцію до зростання цього показника порівняно з тваринами першої групи на 0,07 та четвертої – на 0,02 опороси.

Кількість відлучених поросят від свиноматки в рік також залежала від розміру свинопідприємства і виявилась вищою на 1,8 та 2,6 голови ($p<0,05$) у тварин третьої та четвертої груп порівняно з аналогами першої групи. Також простежувалась тенденція підвищення цього показника у тварин цих груп порівняно з аналогами другої групи на 0,87–1,65 голів. За часткою загиблих свиноматок впродовж року чіткої тенденції в розрізі груп господарств з різною чисельністю свиноматок не встановлено.

Таблиця 2 – **Інтенсивність використання свиноматок за різної величини ферми**

Показник	Група свиногосподарств			
	I	II	III	IV
Середньорічна кількість опоросів на свиноматку, штук	2,25±0,019	2,27±0,010	2,32±0,013^{вв}	2,30±0,021
Середня кількість відлучених поросят від свиноматки в рік, гол.	33,95±0,642	34,89±0,404	35,75±0,481^{в}	36,54±0,78^{c}
Щорічна частка введення першоопоросок, %	24,04±0,793	24,09±1,398	22,46±0,712^{в}	20,07±0,789^{c}
Коефіцієнт опоросу, %	87,08±0,851	88,43±0,509	89,78±0,659	88,61±1,109
Інтервал від відлучення до осіменіння, діб	5,96±0,242	5,84±0,109	5,86±0,182	6,36±0,520
Непродуктивні дні на свиноматку в рік, діб	12,91±1,264	11,51±0,407	10,88±0,587	12,14±1,123
Частка загиблих свиноматок, %	12,89±1,894	10,74±0,630	11,35±1,113	11,49±1,292

Примітка: вірогідність – ^{a} – між I та II групами; ^{в} – між I та III групами; ^{c} – між I та IV групами; ^{d} – між II та III групами; ^{e} – між II та IV групами; ^{f} – між III та IV групами.

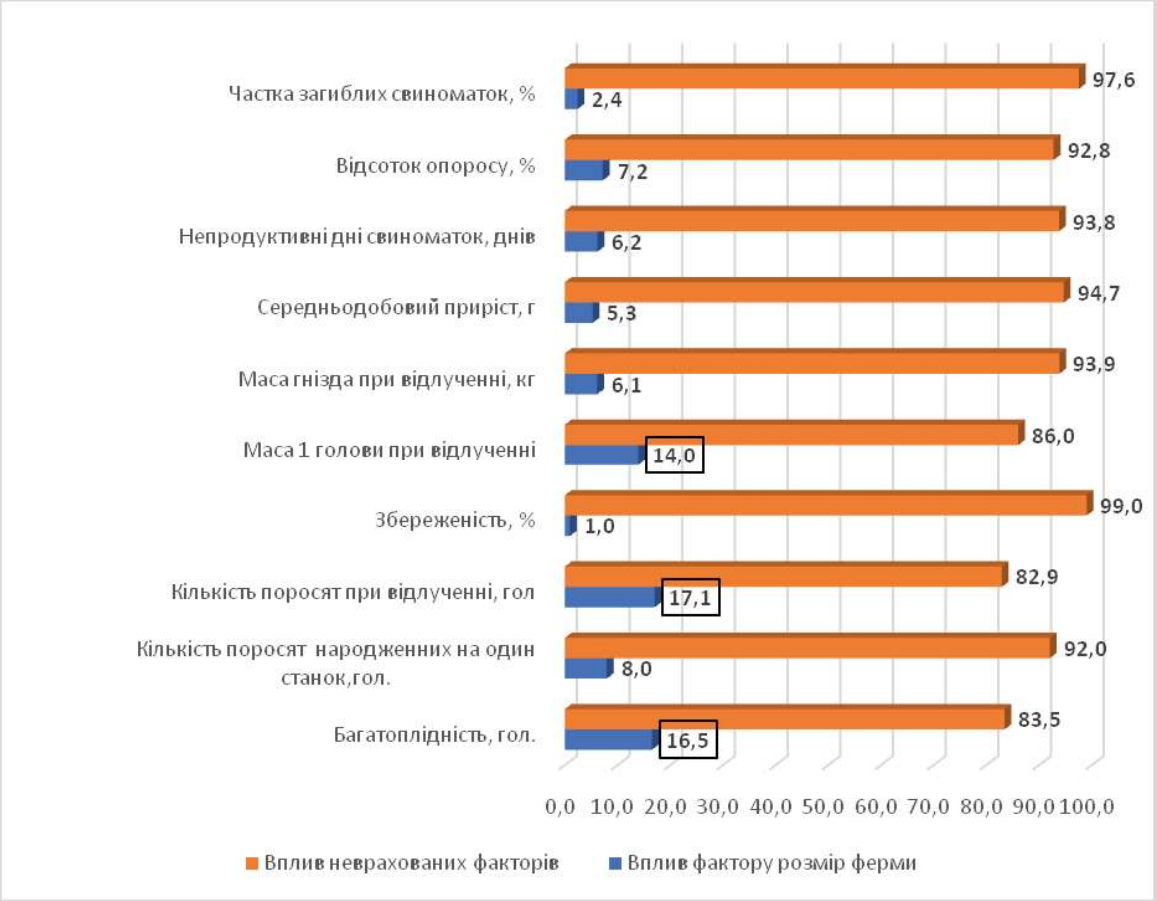
Таким чином, зі зростанням розміру свиногосподарства зменшився на 1,6–4,0 % щорічний відсоток введення першоопоросок у стадо, підвищилась на 0,2–3,1 % частка свиноматок, що опоросилися, зросла на 1,0–3,1 % середньорічна кількість опоросів на свиноматку, та на 2,5–7,6 % – кількість поросят, відлучених від свиноматки в рік. Водночас не встановлено чіткої тенденції щодо кількості непродуктивних днів на свиноматку в рік, інтервалу від відлучення до осіменіння та частки загиблих свиноматок.

Для визначення впливу розміру ферми на реалізацію генетичного потенціалу свиней данської селекції було проведено однофакторний дисперсійний аналіз. Як видно з рисунка 2, розмір ферми з силою 16,5 %, ($F_{розрахункове}$ 3,43>$F_{критичне}$ 2,78) вплинув на реалізацію показника багатоплідності свиноматок, з силою 17,1 % – на показник кількості поросят при відлученні ($F_{розрахункове}$ 3,57>$F_{критичне}$ 2,78), та на масу 1 голови при відлученні ($F_{розрахункове}$ 2,81>$F_{критичне}$ 2,78) з силою 14,0 %.

Водночас не встановлено достовірного впливу потужності свиноферми на збереженість поросят, масу гнізда поросят при відлученні, середньодобовий їх приріст у підсисний період, кількість народжених поросят у розрахунку на один станок, кількість непродуктивних днів свиноматок впродовж року, відсоток їх опоросу та частка загиблих свиноматок

Показники кількості поросят при відлученні, їх збереженість до цього часу, маса одного поросяти та маса їх гнізда при відлученні залежали від багатоплідності та тривалості підсисного періоду. Шляхом двофакторного дисперсійного аналізу розраховано силу впливу цих факторів на зазначені ознаки продуктивності (рис. 3). Так, на показник маси одного поросяти при відлученні чинив достовірний вплив з силою 10,1 % фактор тривалості підсисного періоду ($F_{розрахункове}$ 13,73>$F_{критичне}$ 3,92), тоді як багатоплідність і її взаємодія з тривалістю лактації не мали статистично значущого впливу на цю ознаку. Також фактор тривалості лактації ймовірно впливав з силою 6,9 % на масу гнізда поросят у цей період ($F_{розрахункове}$ 13,73>$F_{критичне}$ 3,92), водночас багатоплідність і її взаємодія з тривалістю лактації ймовірно не вплинули на рівень зміни цієї ознаки.

На кількість поросят при відлученні суттєвий вплив мали обидва досліджуваних фактори. Так, багатоплідність впливала на зміну цієї ознаки з силою 42,63 % ($F_{розрахункове}$ 94,24>$F_{критичне}$ 3,92), тоді як тривалість підсисного періоду мала вплив на неї з силою 3,83 % ($F_{розрахункове}$ 8,47>$F_{критичне}$ 3,92). Взаємодія цих двох досліджуваних факторів не мала статистично значущого впливу на кількість поросят при відлученні.



ис. 2. **Вплив потужності свиноферми на продуктивні якості свиноматок.**

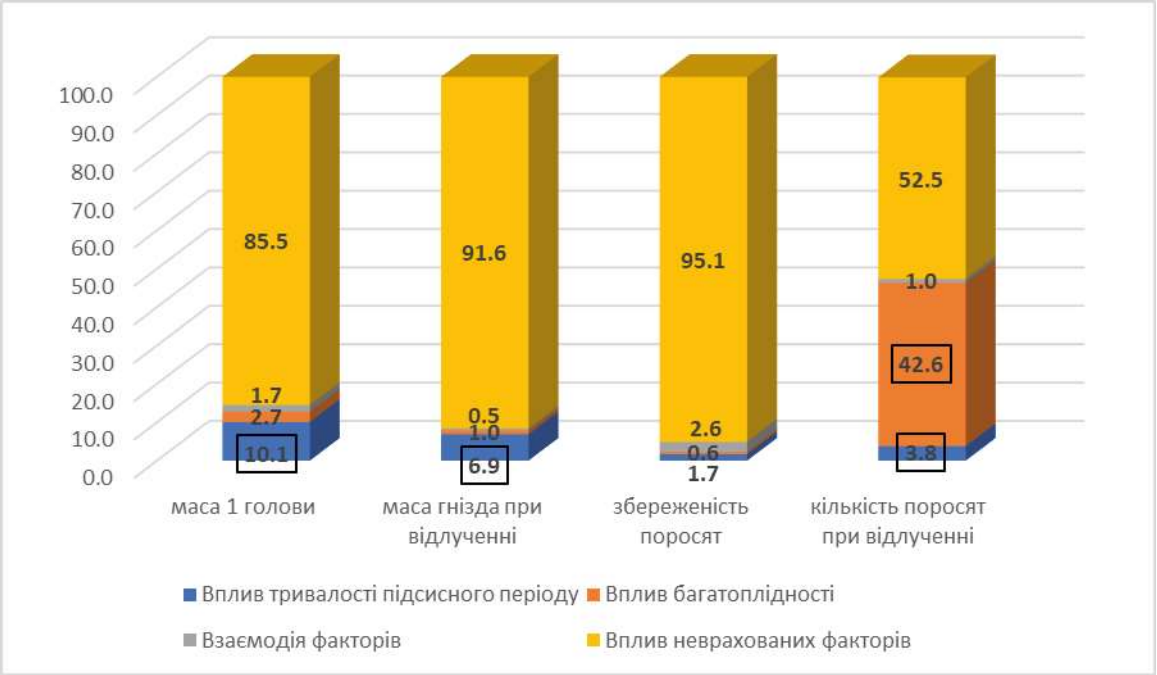


Рис. 3. **Вплив багатоплідності та тривалості підсисного періоду на реалізацію продуктивних якостей свиноматок.**

Тим часом як на збереженість поросят до відлучення ці два досліджуваних фактори, за нашими розрахунками, суттєвого впливу не чинили.

Порівнюючи результати наших досліджень із даними [6, 23], які повідомляють про підвищення інтенсивності росту підсисних поросят за рахунок широкого впровадження новітніх індустріальних технологій на великих промислових комплексах, відзначаємо зниження середньодобових приростів поросят, які утримуються у господарствах з великим обсягом поголів'я, порівняно з малими фермами, що узгоджується з висновками [8]. Також наші результати не суперечать даним [4, 22] про покращення відтворювальної продуктивності свиноматок при зростанні розмірів ферми і, відповідно, нарощуванні кількості свиней, які там утримуються. Ми встановили зростання показників середньорічної кількості опоросів на свиноматку на фермах середнього розміру та кількості відлучених поросят на фермах великої потужності, порівняно із підприємствами малої потужності, та зниження щорічного відсотку введення першоопоросок на фермах із найбільшою кількістю свиней, що узгоджується з результатами [25, 43]. Однак це суперечить даним [24], де зазначався протилежний вплив зростання масштабу ферми на відтворювальні показники поголів'я, та не узгоджувалося із повідомленнями [14], які виявили відсутність достовірного впливу розміру ферми на продуктивні характеристики свиноматок. Також наші дані не збігаються із висновками [13], де автор констатував зниження показника збереження підсисних поросят із зростанням розмірів ферми та кількості свиней на ній.

Висновки. Встановлено залежність рівня реалізації генетичного потенціалу свиноматок данської селекції від розміру свиноферми і покращення їх відтворювальних якостей зі збільшенням середньорічної чисельності свиноматок на ній. Найвищими вони виявились у свиноматок на великих підприємствах, де їх чисельність перевищувала 1500 голів.

Доведено, що зі зростанням розміру свиногосподарства зменшується щорічний відсоток введення першоопоросок в стадо, підвищується коефіцієнт опоросу, зростає середньорічна кількість опоросів на свиноматку та кількість поросят, відлучених від свиноматки в рік.

Визначено, що розмір ферми впливає на реалізацію показників багатоплідності свиноматок, кількість поросят та масу 1 поросяти при відлученні. Фактор тривалості підсисного періоду чинить вплив на показник маси одного поросяти, кількість поросят та масу їх гнізда при відлучені і не впливає на збереженість поросят, оскільки багатоплідність впливала на кількість поросят при відлученні, а її взаємодія з тривалістю лактації не мали статистично значущого впливу на ці ознаки.

REFERENCES

1. Bondarska, O. (2024). State of domestic pig farming. Problems and prospects. Scientific and methodological center of higher and professional pre–higher education. Available at:https://wp.me/Pd8C4Z–evr (date of request 26.03.2024) (In Ukrainian).
2. Yakobchuk, V. P., Kravets, I. V., Rusak, O. P. (2012). Innovative development of the pig industry: monograph. Zhytomyr: Publishing house FOP Evenok, 188 p. Available at:http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/2924/3/ Innovatsiinyi_rozvytok_haluzi_svynarstva.pdf (In Ukrainian).
3. Maes, D. G. D., Dewulf, J., Piñeiro, C., Edwards, S., Kyriazakis, I. (2020). A critical reflection on intensive pork production with an emphasis on animal health and welfare. Journal of animal science, Vol. 98, pp. 15–26. DOI:10.1093/jas/skz362
4. Dudin, V. Yu., Romanyukha, I. O., Kiryatsev, L. O., Gavrilchenko, O. S. (2013). Improving the process of designing pig farms in modern conditions. Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian University. Vol. 2, pp. 72–75. Available at:https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/2289/1/124–Article%20Text–294–1–10–20140310.pdf
5. Povod, M. H., Lykhach, V. Ya., Lykhach, A. V., Oboronko, D. M. (2022). Practical implementation of existing and improved technologies for the production of pig products: monograph. Mykolaiv: Ilion, 375 p. (in Ukrainian).
6. Windhorst, H.-W. (1998). Pigs and Space Hog Farming and Pork Production in the European Union and the United States in Transition (Räumliche Strukturen der Schweinehaltung – Strukturwandlungen in der Schweinehaltung und Schweinefleischproduktion in der Europäischen Union und den USA). Erdkunde, Vol. 52 (3), pp. 232–249. Available at:http://www.jstor.org/stable/25647060
7. Chidgey, K. L. (2023). Review: Space allowance for growing pigs: Animal welfare, performance and on-farm practicality. Animal, 100890. DOI:10.1016/j. animal.2023.100890.
8. Tong, X., Shen, C., Chen, R., Gao, S., Liu, X., Schinckel, A.P., Zhou, B. (2019). Reestablishment of Social Hierarchies in Weaned Pigs after Mixing. Animals: an open access journal from MDPI, Vol. 10 (1), pp. 1–36. DOI:10.3390/ani 10010036
9. Liu, F., Zhao, W., Le, H. H., Cottrell, J. J., Green, M. P., Leury, B. J., Dunshea, F.R., Bell, A. W. (2022). Review: What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? Animal, Vol. 16 (2), 100349 p. DOI:10.1016/ j.animal.2021.100349.
10. Tang, X., Xiong, K., Fang, R., Li, M. (2022). Weaning stress and intestinal health of piglets: A review. Frontiers in immunology, Vol. 13, 1042778 p. DOI:10.3389/fimmu.2022.1042778

11. Upadhaya, S. D., Kim, I. H. (2021). The Impact of Weaning Stress on Gut Health and the Mechanistic Aspects of Several Feed Additives Contributing to Improved Gut Health Function in Weanling Piglets–A Review. Animals: an open access journal from MDPI, Vol. 11 (8), 2418 p. DOI:10.3390/ani11082418

12. Iyai, D. A., Randa, S. Y. (2011). Characteristic of the Three Pig Keeping Systems on Performance of Small–Scale Pig Farmers at Manokwari, West Papua. Jurnal Peternakan Indonesia, Vol. 13 (2), pp. 83–91. Available at:https://media. neliti.com/media/publications/196710–EN–characteristic–of–the–three–pig–keeping. pdf

13. Shpetnyi, M. B. (2019). Optimization of technological elements of keeping weaned piglets in the conditions of industrial technology of pork production: thesis of the candidate of agricultural sciences. Sumy, 209 p. Available at:https://dspace. mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10778/1/dis_Шпетний.pdf (in Ukrainian).

14. Lebret, B. (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigsю Animal, Vol. 2 (10), pp. 1548–1558. DOI:10.1017/S1751731108002796.

15. Poulsen, B. G., Ask, B., Nielsen, H. M. (2020). Prediction of genetic merit for growth rate in pigs using animal models with indirect genetic effects and genomic information. Genet Sel Evol., Vol. 52, 58 p. DOI:10.1186/s12711–020–00578–y

16. Carcò, G., Gallo, L., Dalla Bona, M., Latorre, M. A., Fondevila, M., Schiavon, S. (2018). The influence of feeding behaviour on growth performance, carcass and meat characteristics of growing pigs. PloS one, Vol. 13 (10), e0205572. DOI:10.1371/journal.pone.0205572

17. Wellington, M.O., Thiessen, R.B., Van Kessel, A.G.. Columbus, D.A. (2020). Intestinal Health and Threonine Requirement of Growing Pigs Fed Diets Containing High Dietary Fibre and Fermentable Protein. Animals, Vol. 10, 2055 p. DOI:10.3390/ani10112055

18. Koketsu, Y., Iida, R. (2020). Farm data analysis for lifetime performance components of sows and their predictors in breeding herds. Porc Health Manag., Vol. 6, 24 p. DOI:10.1186/s40813–020–00163–1

19. Mahfuz, S., Mun, H.-S., Dilawar, M.A., Yang, C.-J. (2022). Applications of Smart Technology as a Sustainable Strategy in Modern Swine Farming. Sustainability, Vol. 14, 2607 p. DOI:10.3390/su14052607

20. Giersberg, M. F., Meijboom, F. L. B. (2023). As if you were hiring a new employee: on pig veterinarians' perceptions of professional roles and relationships in the context of smart sensing technologies in pig husbandry in the Netherlands and Germany. Agric Hum Values., Vol. 40, pp. 1513–1526. DOI:10.1007/s10460–023–10450–6

21. Danvet research. Viden og data er fundamentet for al rådgivning. Available at:https://danvet.com/research/hoej–kuldstoerrelse–i–forhold–til–doedfoedte–grise–pr–kuld/ (date of request 26.03.2024)

22. von Keyserlingk, M. A., Hendricks, J., Ventura, B., Weary, D. M. (2024). Swine industry perspectives on the future of pig farming. Animal welfare (South Mimms, England), Vol. 33, 7 p. DOI:10.1017/awf.2024.2

23. Makara, A., Kowalski, Z., Lelek, Ł., Kulczycka, J. (2019). Comparative analyses of pig farming management systems using the Life Cycle Assessment method. Journal of Cleaner Production, Vol. 241, 118305 p. DOI:10.1016/j.jclepro. 2019.118305.

24. Marquer, P. (2010). Pig farming in the EU, a changing sector. Eurostat: Statistic in focus. Available at:https://edz.bib.uni–mannheim.de/www–edz/pdf/statinf/10/KS–SF–10–008–EN.PDF (date of request 26.03.2024)

25. Rhim, S.-J. (2012). Effects of group size on agonistic behaviors of commercially housed growing pigs. Rev Colom Cienc Pecua, Vol. 25(3), pp. 353–359. Available at:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid =S0120–06902012000300002&lng=en&nrm=iso>.

26. Lykhach, A. V., Lykhach, V. Y., Shpetny, M. B., Mykhalko, O. G., Zhyzhka, S. V. (2020). Influence of toys on behavioural patterns of pigs and their association with the concentration of serotonin in blood plasma. Regulatory Mechanisms in Biosystems, Vol. 11 (1), pp. 146–150. DOI:10.15421/022022

27. Riedel, S., Schiborra, A., Huelsebusch, C. (2012). Opportunities and challenges for smallholder pig production systems in a mountainous region of Xishuangbanna, Yunnan Province, China. Trop Anim Health Prod., Vol. 44, pp. 1971–1980. DOI:10.1007/s11250–012–0166–5

28. Povod, M. H., Bondarska, O., Lykhach, V. Ya., Zhyzhka S. Production technology of pig farming products: textbook. Scientific and methodological center of VFPO. Kyiv, 356 p. Available at:https://www.researchgate.net/publication/ 357281420_TEHNOLOGIA_VIROBNICTVA_I_PERERobki_PRODUKCII_SVINARSTVA_DEMO (In Ukrainian).

29. Mykhalko, O. G. (2021). The current state and ways of development of pig farming in the world and in Ukraine. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Livestock, Vol. 3, pp. 60–77. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2021.3.9 (In Ukrainian).

30. Eurostat. Archive:Pig farming sector – statistical portrait 2014. Eurostat: Statistic Explained, 2014. Available at:https://ec.europa.eu/eurostat/statistics–explained/index.php?title=Archive:Pig_farming_sector_–_statistical_portrait_2014 (date of request 26.03.2024)

31. Denmark: Fewer pigs and farms with pigs. Economy, 2023. Pig333.com. Available at:https://www.pig333.com/latest_swine_news/denmark–fewer–pigs–and–farms–with–pigs_19199/ (date of request 26.03.2024)

32. Structure of U.S. Pork Industry. Porkgateway, 2012. Available at:https://porkgateway.org/resource/structure–of–u–s–pork–industry/ (date of request 26.03.2024)

33. Does farm size matter in swine production? National HogFarmer, 2023. Available at:https://www.nationalhogfarmer.com/hog–reproduction/does–farm–size–matter–in–swine–production– (date of request 26.03.2024)

34. Brazilian Pork Production. Overview. Brazilianpork, 2022. Available at:https://brazilianpork.com.br/pork–industry/brazilian–pig–farming/?lang=en#:~:-tex t=Brazilian%20pig%20farming%20also%20focus-

es,of%204.25%20million%20tons%20produced (date of request 26.03.2024)

35. Pork. Brazilianfarmers, 2020. Available at:https://brazilianfarmers.com/ category/discover/pork/ (date of request 26.03.2024)

36. Zhang, X., Chu, F., Yu, X., Zhou, Y., Tian, X., Geng, X., Yang, J. (2017). Changing Structure and Sustainable Development for China's Hog Sector. Sustainability, Vol. 9, 69 p. DOI:10.3390/su9010069

37. Zhao, Q., Axelsson, C., Artois, J., Robinson, T., Gilbert, M. (2019). Distribution and trends of pig production in China 2007–2017. Front. Vet. Sci. Conference Abstract: GeoVet 2019. Novel spatio–temporal approaches in the era of Big Data. DOI:10.3389/conf.fvets.2019.05.00051

38. Ibatulin, I. I., Zhukorskyi, O. M. (2017). Methodology and organization of scientific research in animal husbandry. K., 328 p. (In Ukrainian).

39. Ladyka, V. I., Khmelnychiy, L. M., Povod, M. G. (2023). Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students. Odesa: Oldi+, 244 p. (In Ukrainian).

40. Berezovsky, N. D., Pochernyaev, F. K., Korotkov, V. A. (1986). Methodology of the model of index alignment for their use in pig breeding: methodological instructions, M., pp. 3–14. (In Ukrainian).

41. Radnóczi, L., Novozánszky, G., Baltay, M., Csóka, L., Eicher, J., Fekete, B. (2017). Ertés teljesítményvizsgálati kódex. Budapest, 39 p. Available at:http://www. mfse.eu/modul/_files/k_dex_8_2017.pdf

42. Tsereniuk, A. N., Khvatov, A. I., Stryzhak, T. A. (2010). Evaluation of the effectiveness of indices of maternal productivity of pigs. Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University. Modern problems of selection, breeding and hygiene of animals. Animal husbandry, Vol. 3 (42), pp. 73–77. Available at:http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/6689.pdf (In Ukrai nian).

43. Shpetnyi, M. B., Povod, M. H. (2018). The influence of paratypic factors on the productivity of piglets after weaning in the conditions of industrial pork production technology. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Animal Husbandry, Vol. 7 (35), pp. 166–171. Available at:http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/6613/1/14.pdf (In Ukrainian).

The influence of the size of the pig farm on the realization of the reproductive qualities of sows of danish breeding

Voshchenko I., Povod M.

The article studied the influence of the size of the pig farm on the realization of the genetic potential of Danish breeding pigs and the dependence of the intensity of sow use on farms of different capacity in the western part of the Jylland peninsula of the Kingdom of Denmark. It was established that with an increase in the average annual number of sows on a pig farm, their reproductive qualities improved. They were highest in sows at large enterprises, where their number exceeded 1500 heads. Sows on these pig farms had 1.6–3.5% better fertility, 3.2–5.5% better number of piglets at weaning, 0.5–3.8% better number of piglets born per farrowing unit and by 2.4–6.5% the number of weaned piglets per unit, 1.6–1.8% better preservation of piglets before weaning and 1.6–8.0% shorter duration of the suckling period. At the same time, the sows of this group, with almost identical average daily gains, had 0.5–8.1% lower absolute gains, 3.6–6.9% lower individual weight of piglets at weaning compared to groups of enterprises where the average annual number of sows was up to 1500 heads. Whereas no clear pattern has been established for piglet nest weight at this time. According to the complex indexes of reproductive efficiency of sows, their growth was established with an increase in the average annual number of sows at the enterprise. These indices were also the highest in sows in the group of enterprises with an average number of more than 1,500 heads. They prevailed according to the comprehensive indicators of animals with a number of up to 500 sows by 3.9–4.2%, with their average annual number from 500 to 1000 by 2.7–3.7% and by 1.8–2.3% of their analogues with the number of animals from 1001 to 1500 heads. It was proved that with the growth of the size of the pig farm, the annual percentage of first farrowing sows in the herd decreased by 1.6-4.0%, the proportion of sows that farrowed relatively inseminated increased by 0.2–3.1%, the average annual number of farrowings per sow increased by 1.0–3.1%, and the number of piglets weaned per year increased by 2.5–7.6%. At the same time, there is no clear trend has been established for the number of unproductive days per sow per year, the interval from weaning to insemination, and the proportion of dead sows. It was determined that the size of the farm probably had a 16.5 % effect on the sow's fertility, a 17.1 % effect on the number of piglets at weaning, and a 14.0 % effect on the weight of 1 piglet at weaning. The factor of the duration of the suckling period had a significant effect of 10.12 % on the weight of one piglet at weaning and 6.91 % on the weight of the piglet nest during this period, and did not affect the safety of piglets to weaning, while multiplicity and its interaction with the duration of lactation had no significant effect on these traits.

Key words: sow, Danish breeding, genetic potential, farm size, reproductive productivity, intensity of use, genotype effect.

Copyright: Вощенко І. Б., Повод М. Г. © 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:
Вощенко І. Б. https://orcid.org/0009-0005-2745-3900
Повод М. Г. https://orcid.org/0000-0002-2470-4921

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.082.064

Дослідження поліморфізму гена капа-казеїну в популяцій великої рогатої худоби, створених на материнській основі лебединської породи

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

[1] Сумський національний аграрний університет
[2] Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН

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

OPEN ACCESS

Ладика В.І., Малікова А.І., Скляренко Ю.І., Павленко Ю.М. Дослідження поліморфізму гена капа-казеїну в популяцій великої рогатої худоби, створених на материнській основі лебединської породи. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 64–70.

Ladyka V., Malikova A., Skliarenko Y., Pavlenko Y. The study of capa-casein gene polymorphism in cattle populations created on the maternal basis of the Lebedyn breed. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 64–70.

Рукопис отримано: 29.03.2024 р.
Прийнято: 11.04.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-64-70

У племінних стадах з розведення української бурої молочної породи та сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи проведено наукові дослідження, метою яких було дослідити особливості поліморфізму гена капа-казеїну. Спільним у цих порід є походження від однієї автохтонної породи – лебединської. Робота зі створення цих порід відрізнялася використанням плідників різних порід, а саме – швіцької та голштинської. Проведено генотипування 60 голів корів (по 30 кожної породи). Визначення поліморфізму гена капа-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі.

Встановлено, що більшою частотою бажаного гомозиготного генотипу ВВ відрізнялися корови української бурої молочної породи, вона складала 40 %. Більшою частотою гомозиготного генотипу АА характеризувалися корови сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи (частка складала 68 %). Частка гетерозиготного генотипу АВ була вищою у корів української бурої молочної породи (48 %). Частота алеля В у тварин української бурої молочної породи складала 0,64, тоді, як у корів сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи – лише 0,20. Відповідно, більша частота алеля А спостерігалася у тварин сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи (0,80). Співвідношення часток алелів у тварин досліджуваних порід становило, відповідно, 1,8 та 4 рази.

Фактична частка гетерозигот була нижчою, ніж очікувана, у тварин сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи. Навпаки, фактична гетерозиготність була вищою від очікуваної у корів української бурої молочної породи.

Результати аналізу племінних даних плідників, від яких походять тварини в піддослідних господарствах, вказують на те, що незначна їх частка оцінена за генотипом капа-казеїну. З оцінених плідників лише 44 % плідників голштинської породи мали генотип ВВ, тоді як швіцької – 67 %.

За результатами досліджень вважаємо, що формування стад з генотипом ВВ можливе у популяціях обох досліджених порід. У подальшому виключно на замовлення переробних підприємств можна досить швидко створити племінні стада із заданими генетичними параметрами. З цією метою необхідно використовувати плідників, які мають генотип ВВ за геном капа-казеїну.

Ключові слова: порода, надій, вміст жиру, вміст білка, капа-казеїн, генотип, алель.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сучасні методи селекції спрямовані на формування у тварин стада бажаного рівня молочної продуктивності, що поєднується з високим вмістом складових молока, виразності виробничого напряму породи та високого метаболічного статусу організму. Це потребує впровадження нових науково обґрунтованих генетичних методів оцінки та відбору тварин, оскільки підвищення генетичного потенціалу великої рогатої худоби значною мірою визначається наявністю інформації про генетичну природу продуктивних ознак [1, 7]. Тому сучасні генетичні дослідження спрямовані, зокрема, на виявлення асоціації поліморфізму алельних варіантів генів білків молока [8, 10].

До таких генетичних маркерів належить ген капа-казеїну (CSN3), який відповідає за технологічні властивості молока [2, 6] та впливає на вміст білка в молоці [16, 20]. З тринадцяти відомих алелів цього гена найпоширенішими є алелі А та В [17].

Дослідженнями багатьох дослідників встановлена суттєва різниця в частотах генотипів гена капа-казеїну у тварин різних порід [4, 5, 15]. Частота капа-казеїнових генотипів у корів голштинської породи становила, відповідно, 56,8 % АА, 39,8 % АВ та 3,4 % ВВ [18], у симентальської породи – 35,8 % АА, 51,6 % АВ та 14,6 % [14], породи Busha (автохтонна порода великої рогатої худоби в Чорногорії) – 44,4 % АА, 55,6 % АВ [13], у швіцької породи – 38,6 % АА, 44,3 % АВ і 17,1 % ВВ, у словацької рябої породи – 9,1 % АА, 13,6 % АВ і 77,3 % ВВ, істрійської худоби – 18,5 % АА, 66,7 % АВ і 17,8 % ВВ [9].

Бура худоба розводиться в Сумській області України вже понад сто років. Лебединська порода була створена методом схрещування корів місцевого походження (переважно великої рогатої худоби української сірої породи) з бугаями швіцької породи з подальшим розведенням «у собі» [19].

Українська бура молочна порода створена шляхом схрещування корів лебединської породи з плідниками швіцької породи американської селекції. У результаті тривалої селекційної роботи виведено українську чорно-рябу молочну породу, що включає п'ять міжпородних типів. Розвиток сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи супроводжувався використанням бугаїв української чорно-рябої молочної та голштинської порід на основі лебединської породи [11].

Результати досліджень, що були проведені в 90-х роках минулого століття українськими вченими, доводять, що тварини лебединської породи мають частоту генотипу ВВ за геном капа-казеїну на рівні 20 % [3]. Потребують подальших досліджень результати впливу селекційної трансформації лебединської породи на генотипи нової породи та типу за геном капа-казеїну. У результаті запланованих досліджень планується встановити особливості генетичної структури популяцій та провести корегування подальшої селекції в напрямі покращення білковомолочності та сиропридатності молока корів з урахуванням бажаних алелів.

Мета досліджень – дослідження особливостей поліморфізму гена капа-казеїну в селекційних формуваннях, створених на основі лебединської породи.

Матеріал і методи досліджень. Проведено генотипування корів великої рогатої худоби української бурої молочної породи (n=30) та сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи (n=30), що належать племінному заводу Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН». Визначення поліморфізму гена капа-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі.

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

Для проведення алельної дискримінації використовувався TaqMan® Custom. В аналізах TaqMan® SNP Genotyping Assays використовується 5′-нуклеазна хімія TaqMan® для ампліфікації та виявлення специфічних поліморфізмів у очищених зразках геномної ДНК. Усі аналізи розроблено з використанням надійного біо-інформаційного процесу проєктування аналізів Life Technologies, який спирається на конвеєр із використанням евристичних правил, отриманих як з даних виробництва, так і з даних про результати аналізу. У цих аналізах використовуються зонди зв'язування малої канавки (MGB) TaqMan® для дискримінації алелів, покращеного співвідношення сигнал/шум і гнучкості конструкції. ПЛР у режимі реального часу TaqMan. Два праймери було розроблено для ампліфікації продукту 101 bp, що включає SNP rs43703011 (геномна ДНК: X14711 (http://www.ncbi.nih.gov); прямий праймер, 5′-AAG CAG TAG AGA GCA CTG TAG CTA -3′; зво-

ротний праймер, 5′- TGA TCT CAG GTG GGC TCT CAA TAA -3′). Два флуорогенні зонди TaqMan було розроблено з різними репортерами флуоресцентних барвників, щоб забезпечити можливість генотипування в одній пробірці. Перший зонд був націлений на алель А дикого типу (5′-VIC-CTTCTGGAGAAGCTTCTA-3′), а другий – на мутований алель В (5′-FAM-CTTCTGGAGAATCTTCTA -FAM-3′) гена CSN3. Гасник NFQ був підключений до 3'-кінця обох зондів. Праймери та зонди були розроблені за допомогою програмного забезпечення Primer Express версії 3.0 (Applied Biosystems, CA, США). Точність використаного джерела послідовності було перевірено шляхом порівняння з послідовностями з бази даних GenBank за допомогою BLAST (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/).

ПЛР у реальному часі проводили в 20 мкл реакцій з 10 мкл TaqMan універсальної основної суміші для ПЛР, що містила AmpliTaq Gold DNA Polymerase (Applied Biosystems, CA, США), 200 нМ концентрації прямого та зворотного праймерів, 100 нМ кожного зонда та 2 мкл (50–100 нг) зразка ДНК. Реакцію ПЛР отримували за допомогою системи FAST 7500 Real Time PCR (Applied Biosystems). Профіль часу та температури ПЛР-реакції складався з наступних етапів: 2 хвилини при 50 °C для активації UNG, 10 хвилин при 95 °C для початку активності AmpliTaq Gold, 40 циклів при 95 °C протягом 15 секунд і 60 °C протягом 1 хв. Як негативний контроль використовували зразок без шаблону.

Експеримент алельної дискримінації складався з трьох етапів: попереднього зчитування, ампліфікації та після зчитування. Кожен зразок візуально перевіряли шляхом аналізу створених кривих ПЛР. Аналіз продуктів ампліфікації проводили за допомогою програмного забезпечення SDS версії 4.2.

Підрахунок частот алелів проводили із врахуванням кількості гомозигот і гетерозигот, виявлених за відповідним алелем за формулою:

$$P(A)=\frac{2N1+N2}{2n},$$

де: N_1 і N_2 – відповідно, число гомозигот і гетерозигот для досліджуваного алеля;

n – число вибірки.

З метою оцінки статистичної достовірності розбіжності розподілів одержаних результатів використовували критерій Пірсона:

$$\chi^2=\frac{\sum(Ф-T)^2}{T},$$

де: Ф – фактична кількість генотипів;

Т – теоретична кількість генотипів.

Фактичну (наявну) гетерозиготність визначали шляхом прямого підрахунку за формулою:

$$H_O=\frac{N2}{n}.$$

Очікувану гетерозиготність визначали за формулою:

$$H_E=1-\sum_{i=1}^{n} p_i^2 ,$$

де p_1, p_2,….p_n – частоти алелів.

Для генетичної характеристики поголів'я також визначали рівень гомозиготності (Са):

$$Ca= (p(A)^2+p(B)^2)*100;$$

рівень поліморфності, Na:

$$Na=1/Ca.$$

Тест гетерозиготності визначали шляхом співставлення відношень між емпіричними гетерозиготами і емпіричними гомозиготами з аналогічним відношенням, отриманим за теоретичними даними.

Коефіцієнт ексцесу (D) кількісно оцінює нестачу або перебільшення фактичної гетерозиготності у досліджуваних популяцій, порівняно з теоретично розрахованим показником.

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

Результати дослідження та обговорення. Нами проведені дослідження з визначення генотипу тварин досліджуваних порід за геном капа-казеїну. На рисунках наведені ампліфікаційні криві та алельна дискримінація за поліморфізмом генотипу гена CSN3 (рис. 1 та 2).

Визначення частоти алельних варіантів капа-казеїну у корів вітчизняних порід показало, що найвища частота генотипів ВВ та АВ характерна для української бурої молочної породи (40 % та 48 %, відповідно) (табл. 1).

Найбільша частота генотипу АА спостерігається у корів сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи (68 %). Відповідно, алель В найчастіше спостерігався у великої рогатої худоби української бурої молочної породи (0,64), а алель А – сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи (0,80). У тварин української бурої молочної породи частота алеля В була вища в 1,8 раза, ніж алеля А. У тварин сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи частота алеля А в 4 рази вища від алелю В. Встановлено, що частоти алелів у тварин обох досліджуваних порід є статистично значущими (критерій достовірності tA і tB > 3).

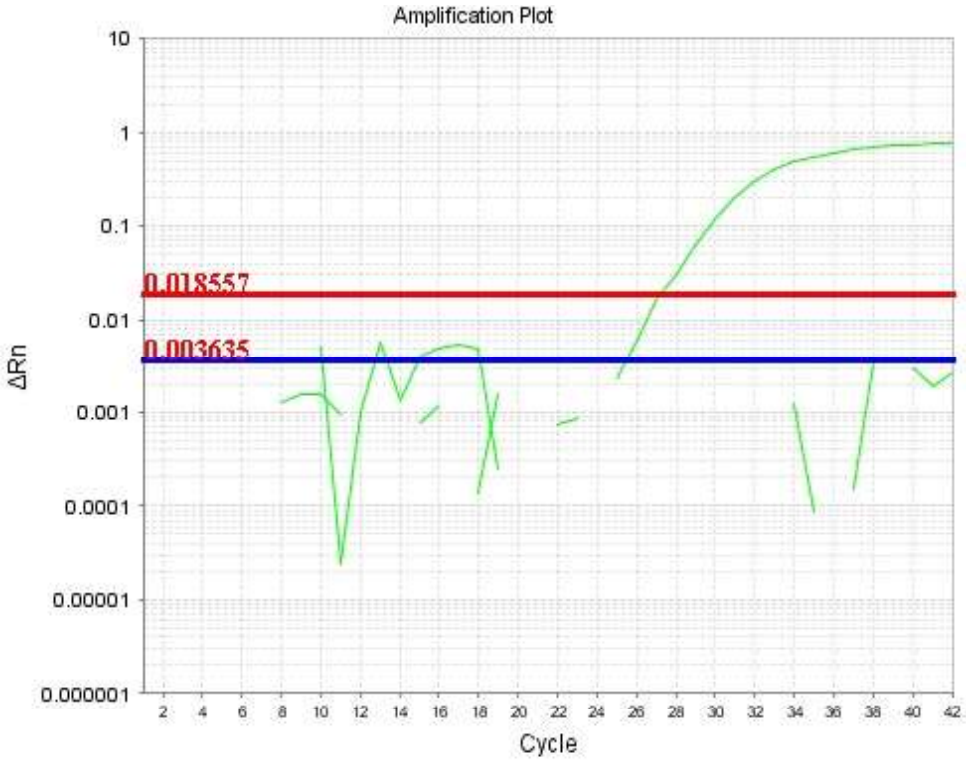


Рис. 1. **Криві ампліфікації визначення генотипу за поліморфізмом гена CSN3.**

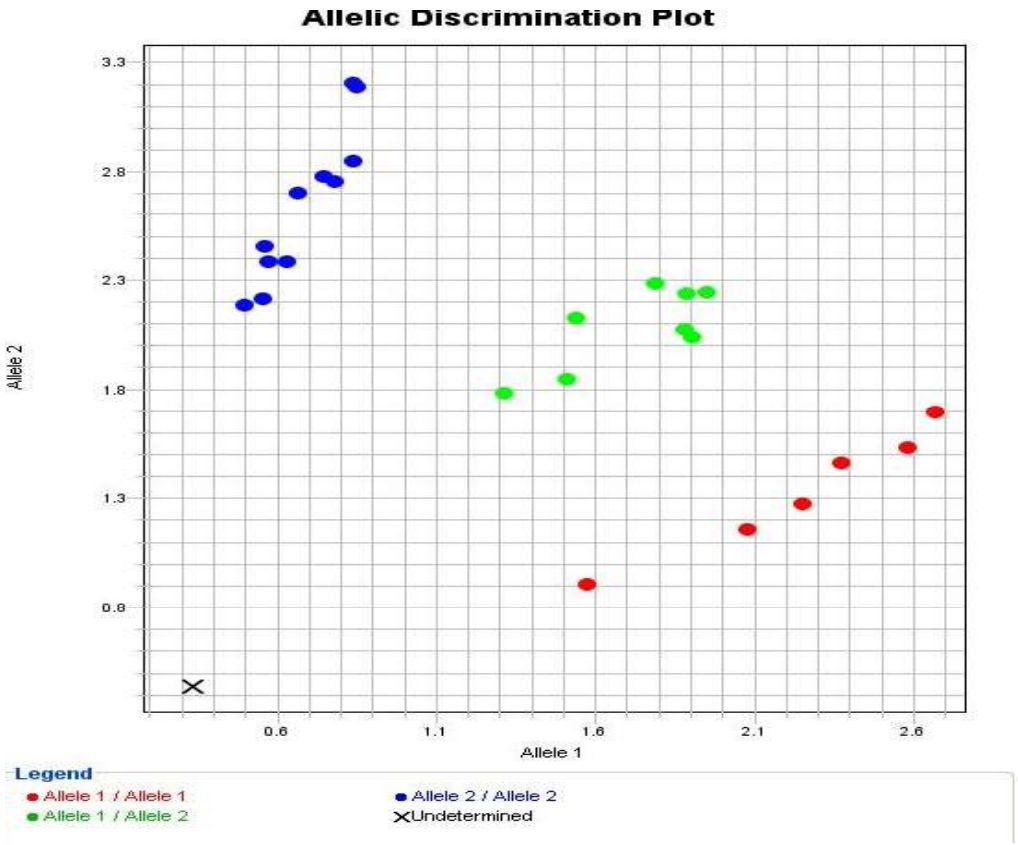


Рис. 2. **Алельна дискримінація за поліморфізмом генотипу гена CSN3.**

Таблиця 1 – **Частота алелів та генотипів за локусом гена капа-казеїну**

Порода/тип	Частота генотипу, %			Частота алелів		χ^2
	генотип	фактична	очікувана	фактична	очікувана	
Українська бура молочна	АА	12	13	А	0,36±0,07	0,04
Сумський внутрішньо-породний тип української чорно-рябої молочної породи		68	64		0,80±0,06	1,56
Українська бура молочна	АВ	48	46	-	-	-
Сумський внутрішньо-породний тип української чорно-рябої молочної породи		24	32			
Українська бура молочна	ВВ	40**	41	В	0,64±0,07	-
Сумський внутрішньо-породний тип української чорно-рябої молочної породи		8	4		0,20±0,06	

Р – рівень значущості за критерієм Фішера: ** – Р <0,01.

Слід зазначити, що у досліджуваній популяції сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи частка гетерозигот була нижчою, ніж очікувана. У великої рогатої худоби української бурої молочної породи, навпаки, фактична частка гетерозигот була вищою за очікувану (табл. 2).

Ступені гомозиготності в досліджуваних порід та типів великої рогатої худоби істотно різниться. У тварин української бурої молочної породи він дорівнює 54, тоді як у тварин сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи сягає 68, що свідчить про вищий рівень консолідації останніх. За рівнем поліморфності (число ефективно діючих алелів – Na), навпаки, переважають тварини української бурої молочної породи. Значення тесту гетерозиготності (ТГ) було додатнім у тварин української бурої молочної породи та від'ємним – у чорно-рябих ровесниць. Від'ємне значення цього показника свідчить про нестачу гетерозиготних генотипів. Значення коефіцієнту ексцесу підтверджує нестачу гетерозиготних генотипів у сумському внутрішньопородному типі української чорно-рябої молочної породи (табл. 3).

Проаналізувавши походження маточного поголів'я досліджуваних популяцій, нами встановлено, що серед бугаїв, які використовувалися, не всі були оцінені за генотипом гена капа-казеїну. Так, частка оцінених плідників голштинської породи становила 35 %. З них лише 44 % мали генотип ВВ, а 11 % – генотип АА. У бугаїв швіцької породи лише 23 % було оцінено за цим генотипом. Бажаний генотип ВВ мали 67 %.

Таблиця 2 – **Значення основних показників мінливості для гена капа-казеїну**

Порода/тип	Ho	He	Fis
Українська бура молочна	0,480	0,461	-0,042
Сумський внутрішньопородний тип української чорно-рябої молочної породи	0,240	0,320	0,250

Таблиця 3 – **Генетична мінливість досліджуваних порід за локусом капа-казеїну**

Порода/тип	Ca	Na	% гомозигот	Тест гетерозиготності	D
Українська бура молочна	54	1,85	52	0,068	0,041
Сумський внутрішньопородний тип української чорно-рябої молочної породи	68	1,47	76	-0,155	-0,250

Результати наших досліджень доводять, що перетворення масиву лебединської породи за використання плідників голштинської та швіцької порід вплинуло на формування у тварин генотипу за геном капа-казеїну. Тварини сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи, при розведенні яких використовуються плідники голштинської породи, мали частоту бажаного генотипу ВВ на рівні 8 %, що майже вдвічі вище від раніше отриманих результатів [18]. У корів української бурої молочної породи частка цього генотипу – 40 %, що удвічі вище від раніше отриманих результатів, порівняно із швіцькою породою [9]. На нашу думку це пов'язано з материнською породою (лебединська), частота генотипу ВВ у якої була порівняно високою – 20 % [3].

Серед досліджуваних популяцій зазначений генотип можна отримати лише в результаті реалізації спеціальних селекційних програм, де першочерговим завданням буде використання бугаїв генотипу ВВ, що збігається з думкою інших дослідників [12].

Висновки. Результатом проведеної роботи стало визначення частоти алелів та генотипів за локусами капа-казеїну. Встановлено, що породи великої рогатої худоби молочного напряму, які походять від однієї місцевої лебединської породи, суттєво різнилися за досліджуваною ознакою.

На цьому етапі розведення формування стад (мікропопуляцій) з генотипом ВВ можливе в популяціях обох досліджуваних порід. У подальшому можна досить швидко створити племінні стада за заданими генетичними параметрами, зокрема на замовлення переробних підприємств (ринку).

REFERENCES

1. Mitiohlo, I. (2021). Polimorfizm hena beta-laktohlobulinu (BLG) u koriv molochnykh porid ukrainskoi i zarubizhnoi selektsii [Polymorphism of the beta-lactoglobulin (BLG) gene in dairy cows of Ukrainian and foreign breeding]. Biolohiia tvaryn [Biology of animals], no. 23 (4), pp. 27–31. (In Ukrainian).

2. Mitiohlo, I., Dzitsiuk, V., Mokhnachova, N., Dobrianska, M. (2021). Henetychna struktura koriv ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody za kompleksom henotypiv GH, CSN3 ta BLG [Genetic structure of cows of the Ukrainian red-spotted dairy breed according to the complex of GH, CSN3 and BLG genotypes]. Visnyk ahrarnoi nauky [Herald of Agrarian Science], no. 4 (817), pp. 51–58. (In Ukrainian).

3. Chumel, R. I. (2005). Henetychna struktura deiakykh porid velykoi rohatoi khudoby pivnichno-skhidnoho rehionu Ukrainy za henetyko-biokhimichnymy systemamy [Genetic structure of some breeds of cattle of the northeastern region of Ukraine according to genetic and biochemical systems]. Visnyk SNAU [Bulletin of SNAU], no. 9–10 (9–10), pp. 208–212. (In Ukrainian).

4. Adamov, N., Atanasov, B., Ilievska, K., Nikolovski, M., Dovenska, M., Petkov, V., Dovenski, T. (2020). Allele and Genotype Frequencies of the Kappa-Casein (CSN3) Locus in Macedonian Holstein-Friesian Cattle. Macedonian Veterinary Review, no. 43 (1), pp. 45–54.

5. Akter, S., Mostafa Anower, A. K. M, Kamal Hossain, M. M. (2020). Genotyping of κ-casein and β-lactoglobulin genes in native cattle from Barishal region of Bangladesh. Animal Biotechnology. no. 31 (6).

6. Dell'Eva, G., Bolognini, D., Iacono, E. Merlo, B. (2020). Embryo Transfer for Dissemination of κ-casein BB Genotype and Improvement of Milk Clotting Properties. International. Journal of Dairy Science, no. 15 (4), pp. 182–188.

7. Gabche, A., Epse Laisin, E., Adedibu, I. I., Kabir, M., Iyiola-Tunji, A.O. (2021). Polymorphism of β-Lactoglobulin Gene and their Effects on Milk Traits in Friesian X Bunaji Cattle. World Journal of Innovative Research, no. 11 (1), pp. 104–113.

8. Gubarenko, N. (2021). Evaluation of cows'milk productivity by usinggenetic markers. Theoretical and Applied Veterinary Medicine. no. 8 (2), pp. 163–170.

9. Ivanković, A. Ramljak, J., Dokso, A., Kelava, N., Konjačić, M., Paprika, S. (2011). Genetic polymorphism of β-lactoglobulin and κ-casein of cattle breeds in Croatia. Mljekarstvo. no. 61 (4), pp. 301–308.

10. Kolenda, M., Sitkowska, B. (2021). The Polymorphism in Various Milk Protein Genes in Polish Holstein-Friesian Dairy Cattle. Animals. no. 11 (2), pp. 2–8.

11. Ladyka, V., Skliarenko, Y., Pavlenko, Y., Metlytska, O., Ivankova, I. (2019). Molecular-Genetic Analysis of Cows Genetic Structure and Determination of Genealogical Relatedness Level of Bulls of Modern Dairy Breeds. Advances in Animal and Veterinary Sciences. no. 7 (5), pp. 405–411.

12. Lavon, Y., Weller, J.I., Zeron, Y., Ezra, E. (2024). Estimating the Effect of the Kappa Casein Genotype on Milk Coagulation Properties in Israeli Holstein Cows. Animals. no. 14 (1), 54 p.

13. Maletić, M., Aleksić, N., Vejnović, B., Nikšić, D., Kulić, M., Đukić, B., Ćirković, D. (2016). Polymorphism of κ-casein and β-lactoglobulin genes. Mljekarstvo. no. 66 (3), pp. 198–205.

14. Niksic, D., Pantelić, V., Ostojić-andrić, D., Perišić, P., Petričević, V., Lazarević, M., Petričević, M. (2018). Polymorphism of k-casein and b-lactoglobuline in simmental cattle in Serbia. Genetika. no. 50 (2), pp. 659–668.

15. Olanrewaju, B. M., Oghate, E. B., Adetunb, A. J., OlawaleJ, O., Chineke, A. C. (2020). Associaton of kappa-casein genotype and the linear parameter in two indigenious bos indicus and bos taurus cattle in Nigeria. Open Journals of Agricultural Science, no. 1 (1). pp. 12–22.

16. Pandey, A., Thakur, M. S., Gonge, D. S., Pandey, Y. (2023). Characteristics of kappa-casein (k) genetic Variants and its association with lactation length (LL), milk fat and milk protein traits in Sahiwal and HF cross bred of cow in MP, India. The Pharma Innovation Journal, no. 12 (7), pp. 103–106.

17. Pazzola, M. (2020). Exploring the Genotype at CSN3 Gene, Milk Composition, Coagulation and Cheese-Yield Traits of the Sardo-Modicana, an Autochthonous Cattle Breed from the Sardinia Region, Italy. Animals. no. 10 (11).

18. Pilonetto, F. Coelho Ladeira, G., Salvian, M.; Zampar, A., Cucco, D. de C. (2020). The genotypic profile of milk proteins in Holstein cows raised in South of Brazil. Research, Society and Development. no. 11 (9), e2911931530.

19. Sklyarenko, Y., Metlitska, O., Ladyka, V., Ivankova, I. (2018). Lebedyn cattle breed genetic pool genesis and new types and breeds developed on its base. Bulgarian Journal of Agricultural Science, no. 24 (6), pp. 1114–1122.

20. Yaser, M. L, Hamad, R. (2019). Effect of mutation site of k-casein gene on protein quantity, composition, and other milk constituents in Holstein cows. J. Pharm. Sci., no. 11 (2), pp. 398–401.

The study of capa-casein gene polymorphism in cattle populations created on the maternal basis of the Lebedyn breed.

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

Scientific studies were conducted in breeding herds of the Ukrainian Brown dairy breed and the Sumy inbred type of the Ukrainian Black-and-White dairy breed to investigate the peculiarities of capa-casein gene polymorphism. What these breeds have in common is their descent from the same autochthonous breed, the Lebedyn breed. The process of creating these breeds was distinguished by the use of sires of different breeds, namely Swiss and Holstein. Genotyping of 60 cows (30 of each breed) was carried out. The polymorphism of the capa-casein gene was determined in the genetic laboratory of the Bogomolets Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine using molecular biological analysis of allele recognition by real-time polymerase chain reaction (PCR).

It was found that Ukrainian brown dairy cows were distinguished by a higher frequency of the desired homozygous BB genotype, it was 40%. A higher frequency of homozygous genotype AA was characterised by cows of Sumy inbred type of Ukrainian Black-and-White dairy breed (68 %). The proportion of heterozygous genotype AB was higher in cows of the Ukrainian Brown dairy breed (48 %). The frequency of the B allele in animals of the Ukrainian Brown dairy breed was 0.64, while in cows of the Sumy inbred type of the Ukrainian Black-and-White dairy breed it was only 0.20. Correspondingly, a higher frequency of allele A was observed in animals of the Sumy inbred type of the Ukrainian Black-and-White dairy breed (0.80). The ratio of allele frequencies in the animals of the studied breeds was, respectively, 1.8 times and 4 times.

The actual proportion of heterozygotes was lower than expected in animals of the Sumy inbred type of the Ukrainian Black-and-White dairy breed. On the contrary, the actual heterozygosity was higher than expected in cows of the Ukrainian Brown dairy breed.

The results of the analysis of the breeding data of the sires from which the animals in the experimental farms originated indicate that a small proportion of them were evaluated for the capa-casein genotype. Of the sires evaluated, only 44% of Holstein sires had the BB genotype, while 67% of Swiss sires had the BB genotype.

Considering the results of the research, we believe that the formation of herds with the BB genotype is possible in the populations of both studied breeds. In the future, it will be possible to create quickly enough breeding herds with specified genetic parameters at the request of processing enterprises. For this purpose, it is necessary to use sires that have the BB genotype for the capa-casein gene.

Key words: breed, milk yield, fat content, protein content, capa-casein, genotype, allele.

Copyright: Ладика В.І. 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:
Ладика В.І. https://orcid.org/0000-0001-6748-7616
Малікова А.І. https://orcid.org/0000-0002-4277-0172
Скляренко Ю.І. https://orcid.org/0000-0002-6579-2382
Павленко Ю.М. https://orcid.org/0000-0002-4128-122X

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.4.084.11/087.2

Теоретичні аспекти інноваційних технологій у свинарстві

Фесенко В.Ф., Каркач П.М., Машкін Ю.О., Кузьменко П.І.

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: fesenko_vasil@ukr.net

Фесенко В.Ф., Каркач П.М., Машкін Ю.О., Кузьменко П.І. Теоретичні аспекти інноваційних технологій у свинарстві. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 71–80.

Fesenko V., Karkach P., Mashkin Y., Kuzmenko P. Theoretical aspects of innovative technologies in pig production. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 71–80.

Рукопис отримано: 19.02.2024 р.
Прийнято: 04.03.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-71-80

За умов світової глобалізації економіки розвиток підприємств галузі свинарства можливий на основі високоефективного виробництва продукції тваринництва. Стримувальним чинником розвитку є відсутність інноваційних технологій на більшості підприємств, незначний вплив запровадження інноваційної діяльності на покращення ефективності виробництва. Важливою є потреба щодо здійснення інноваційних перетворень, які поліпшили б економічні показники підприємств свинарської галузі, наситили б ринок продукцією вітчизняного виробництва та задовольнили б соціальний запит на дешеву свинину. Інноваційна модель розвитку свинарства забезпечує конкурентоспроможність підприємств галузі, підвищує рівень продовольчої безпеки держави, сприяє вирішенню проблем, пов'язаних із забрудненням довкілля, неконтрольованим використанням різноманітних добавок у процесах виробництва свинини. Зазначена проблематика зумовлює необхідність обґрунтування підходів інноваційного розвитку підприємств галузі свинарства, підвищення ефективності їх функціонування. Досвід вітчизняних підприємств, виробників свинини зарубіжних країн свідчить, що за умов економічної нестабільності важливо бути готовим до змін на ринку м'ясної продукції. Таку готовність забезпечує планування та впровадження на підприємствах інноваційних підходів ведення галузі свинарства. Інноваційна діяльність підприємств за сучасних умов повинна бути спрямована на соціальне і економічне задоволення потреб населення, екологічну безпеку довкілля. У статті акцентовані теоретично-методологічні аспекти інноваційного розвитку галузі свинарства. Висвітлено питання сучасних технологій, інновацій та інноваційної діяльності, проаналізовано визначення «інноваційний розвиток підприємства». Проведено аналіз напрямків розвитку конкурентоспроможних свинарських господарств з урахуванням рівня технологічного розвитку виробництва та зміни коливання ринкової частки підприємств. Відзначено особливий підхід до формування розвитку свинарських підприємств на основі переходу до інноваційної моделі забезпечення їх конкурентоспроможності та модернізації виробництва за критеріями, що відповідають за повернення капіталу, задоволення ринкового попиту на свинину та незначний негативний екологічний вплив на зовнішнє середовище.

Ключові слова: інновації, інноваційна діяльність, інноваційний розвиток свинарських підприємств, економічні показники, інноваційні підходи, ринок свинини, продовольча безпека, забруднення довкілля, екологічна безпека.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сучасна світова економіка відзначається швидкими темпами розвитку за рахунок поширення та впровадження інноваційних процесів у сфери господарської діяльності. На сьогодні все більше аграрних підприємств приділяють увагу інноваціям у підвищенні ефективності їх функціонування на ринку, конкурентних перевагах, розширенні бізнесу на перспективних ринках [2, 3]. За умов глобалізації економіки дослідження інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств може здійснюватися шляхом аналізу внутрішнього та зовнішнього середовищ господарської діяльності підприємств і впровадження інновацій як механізму досягнення стратегічного рівня підприємства, який відзначався б високим ступенем ефективності як на внутрішньому, так і міжнародному ринках аграрної продукції. Поняття «інновація» та«розвиток» пов'язані між собою, передують одне одному або виступають системою, залежно від навколишнього світу. За сучасного розуміння поняття «розвиток» пов'язане з прогресом, але у сфері наукового вживання воно означає«буття системи як єдність прогресу та регресу, оновлення, самознищення» [63]. За енциклопедією, що входить до переліку значущих, «розвиток – це найвищий тип руху, зміни матерії і свідомості; перехід до якісно нового стану» [55]. У розумінні В. П. Якобчука, розвиток є «чисто економічним», а з іншого боку – важливим з економічної теорії явищем, яке виявляється на практиці та у свідомості [63]. Питання теорії та практики інноваційних процесів у різні періоди досліджували науковці, як от М. Вітков, С. Володін, Б. Данилів, І. Кравець, І. Павленко, І. Федун, П. Саблук, В. Юрчишин, Х. Рігста ін. [12, 14, 16, 30, 35, 54, 57, 62, 67]. Деякі аспекти інноваційних процесів потребують системного, більш детального дослідження. Термін «інновація» – латинського походження, що означає оновлення, зміну; з англ. «innovation» – нововведення; «innovator» – раціоналізатор. Поняття «інновація» з'явилося у роботах науковців ще в XIX столітті. Г. Форд вважав, що «бізнесмени йдуть на дно разом зі своїм бізнесом, бо закохані в колишні порядки, і не можуть змусити себе змінити їх» [64]. Термін «технологія» походить від грецького «techne» – мистецтво, майстерність, уміння та «loqos» – наука. Технологія – це синтетична наука, яка базується на взаємопов'язаній і науково обґрунтованій системі організаційно-економічних, зоотехнічних, ветеринарних, інженерних заходів та прийомів раціонального ведення тваринництва з метою одержання продукції високої якості та в необхідних обсягах за умови мінімальних витрат кормів, затрат праці та інших матеріальних ресурсів. Широке розповсюдження і певне трактування одержали такі назви технологій: інтенсивна, помірно інтенсивна, промислова (індустріальна), прогресивна, енергозберігальна, ресурсозберігальна, потокова (конвеєрна), інноваційна. Суттєвих розбіжностей між існуючими технологіями не існує [70]. Економічні категорії «інновація» та «інноваційний процес» перекликаються з теорією «довгих хвиль». У результаті аналізу статистичних даних економічних показників США і Німеччини в динаміці (а саме ціни, заробітної плати, обсягу зовнішньої торгівлі аграрної продукції) науковці виявили циклічні хвилі, тривалістю 46–55 років («довгі хвилі») та закономірності, які супроводжують тривалі коливання економічної кон'юнктури. Підйому хвилі кожного циклу передують зміни в економічному житті суспільства (завдяки впровадженню нових наукових винаходів та відкриттів) [35, 54]. Максимум інноваційної активності припадає на періоди кризи, низьких прибутків, незначного потенціалу технологічного процесу. Загальне погіршення економічної кон'юнктури супроводжується переозброєнням виробництва, інноваційною активністю економічних агентів [30]. Вчені класифікують інновації залежно від теми, об'єкта, предмета дослідження. Так, Х. Рігс наводить таке просте, але ємне визначення: «інновація – це комерційне освоєння нової ідеї» [67]. Інновації щодо АПК – це нові технології та техніка, нові породи тварин, нові засоби захисту тварин, методи профілактики та лікування, нові форми та кредитування виробництва, нові підходи до підготовки кадрів та інше [5, 13]. О. Покропивний стверджує, що «інновація – це впровадження у господарську практику результатів інноваційних процесів» [37]. О. Лапко під інновацією розуміє комплексний процес, що передбачає створення та доведення наукової ідеї до стадії комерційного використання в економіці [31]. За економічною енциклопедією, «інновації – нововведення у галузі техніки, технології, управління, засновані на використанні досягнень науки, використання цих нововведень у різних сферах діяльності» [16]. Інновації класифікують за різними ознаками, виокремлюючи в кожній кваліфікаційній ніші декілька видів [63]. У Законі України «Про інноваційну діяльність» № 40-IV від 04.07.2002 інновації визначають як «новостворені, вдосконалені технології, продукцію, послуги, організаційно-технічні рішення виробничого, комерційного характеру, що поліпшують структуру та якість виробництва і соціальної сфери». Інноваційн-

на діяльність тлумачиться як «діяльність, що спрямована на використання результатів наукових досліджень та розробок, дозволяє випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів» [41]. Деякі науковці вважають неправомірним ототожнення понять «нововведення» та «інновація», оскільки поширенню інновацій передує процес створення новацій (нововведень). І. Федун стверджує, що нововведення – це результат фундаментальних, прикладних досліджень, експериментальних робіт із підвищення ефективності. Інвестиції у розроблення нововведення – це початок справи. Важливо впровадити нововведення, перетворити їх на форму інновації, тобто, завершити інноваційну діяльність, отримати позитивний результат та продовжити впровадження інновації. Зазначені етапи належать до інноваційної діяльності як процесу [54]. Враховуючи тенденції зростання розвитку промислового свинарства у більшості країн світу, **метою наших досліджень** було проведення порівняльного аналізу теоретичних аспектів інноваційних технологій у зазначеній галузі.

Матеріали і методи досліджень. Матеріалом для статті став порівняльний аналіз статистичних даних, постанов уряду, наукових досліджень зарубіжних та вітчизняних авторів у сфері теоретичних аспектів інноваційних технологій у свинарстві.

Результати дослідження та обговорення. Інституційна структура інноваційного розвитку України представлена Міністерствами освіти і науки України, Міністерствами економіки та промисловості, Національною академією наук, Національною радою інноваційного розвитку, галузевими інститутами [63]. Система департаментів, міжвідомчих комітетів не сприяє розвитку інноваційній діяльності. Сподівання на Міністерство освіти та науки України як координатора інноваційного розвитку є неефективним [32]. Потрібно удосконалювати нормативно-правове забезпечення інноваційної діяльності. Це дозволить визначити регулятори і механізми її стимулювання – через зниження податків та точкове фінансування елементів інноваційної системи [8]. Ключовим чинником консервативності сільськогосподарської сфери є обмеженість фінансових ресурсів [15]. Створення інноваційного продукту в аграрному секторі передбачає стабільне бюджетне фінансування науково-дослідних робіт, чого в Україні досягти не вдається [33]. Розвиток вітчизняного свинарства повинен базуватися на прогресивних рішеннях в області технологій, техніки та економічних методів господарювання [34]. Зазначений розвиток можливий на основі інноваційної діяльності, практичного використання у виробництві інновацій, спрямованих на досягнення комерційного результату за рахунок підвищення ефективності виробництва [10]. У 90-ті роки в розвинутих країнах світу теорію інтенсифікації замінила теорія інноваційних процесів, як підґрунтя «моделі економічного зростання» [31]. Вітчизняні вчені наголошують, що ефективний розвиток свинарства залежить від рівня доходів споживачів свинини, обсягу, структури імпорту м'яса [22], створення відповідної технічної та кормової бази підприємств [16, 46], якості тваринного генофонду [1, 7]. Провідну роль у покращенні інвестиційного клімату галузі свинарства відіграє політика уряду із регулювання і стимулювання діяльності підприємств галузі. М. Вітков зазначає, що на основі державної науково-обґрунтованої інвестиційної політики можливе здійснення технологічного переоснащення та реконструкції аграрних галузей шляхом застосування досягнень науково-технічного прогресу, переходу на інноваційну модель виробництва [12]. Аналогічну думку висловлюють О. Степанов, І. Федун, які зазначають, що основою інноваційного розвитку є здійснення державної та інвестиційної політики, спрямованої на активізацію нововведень, створення умов для реалізації вітчизняними підприємствами наступальної стратегії на зовнішніх ринках, підтримки конкуренції на внутрішньому ринку, що є чинником у стимулюванні до інноваційної діяльності, а також забезпечення інтеграції виробництва і науки з метою випереджального розвитку науково-технологічної сфери в аграрному секторі [50, 54]. Позитивний ефект від інноваційної діяльності виробників свинини включає прямий економічний ефект (зниження собівартості, підвищення продуктивності праці, підвищення рентабельності) та технічний ефект (покращення технологічного рівня виробництва і якості продукції, забезпечення конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках). Позитивний екологічний ефект досягається шляхом утилізації відходів виробничої діяльності і використання альтернативних видів енергії (з меншим руйнуванням екосистем). Деякі затрати позитивного екологічного ефекту (наприклад, біогазові установки) у міжнародній практиці відшкодовує держава. Соціальний ефект від діяльності свинарських підприємств визначається рівнем споживання свинини населенням, кількістю створення нових робочих місць і величиною соціальних відрахувань до державного бюджету [23, 63].

Методика дослідження інноваційного розвитку свинарських підприємств включає методологію пізнання, методологію практичної діяльності та методологію оцінювання. Таке визначення методології покладено в основу дослідження інноваційного розвитку підприємств галузі свинарства. Не лише результат дослідження, але і шлях, що веде до нього, має бути істинним [51], або розрахунковим [28]. В Україні спостерігається недооцінювання ролі планування у системі менеджменту на всіх його рівнях. Планування та прогнозування виробничо-господарської діяльності на підприємствах галузі свинарства має специфічні особливості, зумовлені необхідністю комплексно враховувати сукупність факторів. Важливими факторами є біологічно-генетичний, техніко-технологічний, кормове забезпечення та ветеринарний контроль [27, 59].

У структурі світового споживання м'яса всіх видів свинина займає провідне місце, причому виробництво її постійно зростає. У загальному виробництві м'яса на частку свинини припадає 39,6 %, тоді як на птицю – 27,1 %, яловичину – 24,2 %, баранину і козяче м'ясо – 4 % та 4,4 % – на всі інші види м'яса тварин і птиці [48]. Розвиток підприємств галузі, зростання обсягів виробництва свинини за рахунок притаманних свинарству біологічних особливостей, як от багатоплідність, скоростиглість приплоду, здатність давати високі середньодобові прирости на відгодівлі, гарантує не лише задоволення населення у фізіологічних потребах м'яса та сала, зростання рівня національної продовольчої безпеки, а й виступає джерелом наповнення державного бюджету [6, 49, 69]. Вітчизняне свинарство досягло найбільшого розвитку у 80-х роках минулого століття. У 1990 р. виробництво свинини становило 1576,3 тис. тон у забійній масі за усіма категоріями господарств, Україна посідала 5-те місце в світі за поголів'ям свиней після Китаю, США, Росії та Німеччини [57, 61]. Це заповнювало український ринок свинини, та дозволяло експортувати значну частину продукції за кордон. Зазначених показників досягнуто за рахунок спеціалізації галузі, створення відповідної матеріально-технічної бази. Найбільша чисельність поголів'я свиней України зосереджена у Степовій та Лісостеповій зонах [52, 63]. У зазначених регіонах зосереджено найбільшу кількість підприємств, що виробляють продукцію свинарства, використовуючи інноваційні впровадження (технології, обладнання, породи тощо). За даними Державної служби статистики України, чисельність свиней в Україні, за станом на 1 січня 2019 року, становила 6025,3 тис. гол. Це на 1,4 % чи на 84,4 тис. менше, ніж на відповідну дату минулого року. Аналітики Асоціації «Свинарі України» вважають, що така динаміка спостерігається через відповідні зміни кількості утримуваних тварин у господарствах всіх категорій. Поступове згортання присадибного свинарства триває не один рік. Наразі відхилення числа утримуваних на присадибних ділянках свиней державна статистика оцінює у 6,5 % порівняно з початком 2018-го; за рік до того в господарствах населення налічувалось майже 3 млн свиней проти теперішніх 2,78 млн гол. З інших причин на 2 % скоротилася і кількість промислових тварин – до 3,37 млн гол. Більшою мірою така зміна відбулася внаслідок наймасштабнішого спалаху АЧС на Львівщині. Зменшення числа промислових свиней на свинокомплексах Тернопільської (-23 %), Полтавської (-13 %), Запорізької (-14 %) та Дніпропетровської (-7 %) областей також мало значний вплив. Тож хоча оператори Київської, Харківської та Чернігівської областей наростили виробничі потужності майже на 100 тис. гол., це не перекрило втрат індустріального поголів'я.

З іншого боку, нарощування поголів'я промисловими свинокомплексами Київщини на 13,5 % (53 тис. гол.) вивело регіон на перше місце в Україні за чисельністю свиней. За станом на 1 січня 2019 р., сільськогосподарські підприємства Київської області утримували 488,7 тис. гол. свиней, або понад 13 % промислового свинопоголів'я України. Більшість аграрних підприємств (85 %) утримували поголів'я менше, ніж 1000 голів. На 1 січня 2023 р., поголів'я свиней становило 4,95 млн голів – на 11,8 млн голів менше показника 2022 року. [52]. Зменшення обсягів виробництва продукції свинарства негативно позначилась на складі продуктового кошика українців [20]. Рівень споживання м'яса в Україні становить 31,1 кг на людину, що нижче фізіологічної норми споживання ВООЗ (майже 75–80 кг на особу в рік). Тоді як рівень споживання м'яса у деяких європейських країнах становить: Ірландія (100,7 кг), Нідерланди (73,9 кг), Польща (76,8 кг) [47]. За рівнем споживання обмінної енергії Україна мало відстає від провідних європейських країн, але суттєво меншим є рівень споживання білків тваринного походження. Споживання м'яса свиней на одну особу за день є в 3,6 раза меншим, ніж в Данії. Аналіз світового досвіду ведення свинарства свідчить, що лідером за чисельністю поголів'я свиней та обсягами виробництва свинини є Китай. Понад 60 % світового обсягу виробництва свинини припадає на Китай та США [4, 63]. Більшість

підприємств Китаю вирощують власний ремонтний молодняк для відтворення поросят з подальшою відгодівлею. Ферми із поголів'ям понад 1000 свиноматок розташовані в одному місці у закритій системі, при цьому закуповують кнурів та ремонтних свинок для розведення. Біля 1 % підприємств мають виробничі майданчики у двох або трьох місцях розташування із окремим розведенням, відтворенням поросят і відгодівлею. Великі масштаби багатьох ферм Китаю передбачають високий гігієнічний рівень виробництва, використання приміщень за принципом «все вільно – все зайнято». Для щеплення від небезпечних хвороб свиней використовують живі вакцини, які було вироблено у Китаї за розпорядженням уряду [25, 62]. Свинарство США та країн Європи характеризується високим рівнем виробництва, якісною роботою у сфері селекції. Зазначена робота ґрунтується на застосуванні технології «триступінчатої піраміди». Це система ведення свинарства за принципом пірамідальної системи, за основу якої взято Програму санітарного контролю. Європейськими лідерами у селекції свиней вважаються компанії «NUCLEUS» (Франція) та «DanBred» (Данія) [64, 66]. Програма розвитку галузі свинарства в Україні до 2020 року передбачала будівництво двадцяти п'яти свиноферм із запровадженням «данської технології» ведення свинарства, виробнича потужність кожної становила б 1,5 тис. т свинини в рік. Цілей програми не було досягнуто [43, 44]. Відповідно до наказу № 124/27/244 Мінагрополітики, УААН та Мінфіну України, передбачено використання коштів Державного бюджету України на виконання програм селекції у тваринництві. Виділяються кошти для повного або часткового відшкодування витрат на придбання та реалізацію племінних ресурсів. Наразі в Україні розводять 11 вітчизняних і зарубіжних порід, з яких дві є універсальними за напрямом продуктивності (велика біла, українська степова біла), три – сальних (миргородська, українська степова ряба та велика чорна) та шість – беконно-м'ясних (ландрас, полтавська м'ясна, українська м'ясна, дюрок, уельс і червона білопояса). Породи зарубіжної селекції: ландрас, дюрок, гемпшир, п'єтрен, честерська біла [38, 40, 41]. Європейський та світовий лідер в галузі генетики свинарства – «DanBred» шляхом відбору найбільших та найефективніших ліній розведення в світі порід ландрас, велика біла та дюрок досяг найкращих результатів, що підтверджено практикою. У результаті застосування цих генотипів свиней фермами Данії було досягнуто найкращих виробничих результатів [64, 65].

Під керівництвом провідного спеціаліста розробок автоматизованих систем М. М. Сердюка розроблено програмне забезпечення годівлі. Якість кормового забезпечення полягає у вчасному забезпеченні підприємства кормовими компонентами, складанні кормових рецептів, вчасному виявленні патогенної мікрофлори в кормових компонентах (мікотоксини). Особливе місце за негативною дією на відтворювальну функцію свиней, ріст та розвиток молодняку до 4-х місяців серед інших мікотоксинів займає зеараленон. Вчасне лабораторне обстеження кормів на мікотоксини знижує ризик виникнення проблем щодо зростання кількості незапланованих «холостих» свиноматок у стаді, зменшення приростів та уповільнення розвитку поросят до 4-місячного віку [27, 45, 60].

Ефективність виробництва продукції свинарських підприємств визначається співвідношенням отриманих результатів до витрат засобів виробництва і праці. Оцінювання економічної ефективності аграрного виробництва використовують за системою натуральних та вартісних показників. Показники ефективності сільськогосподарського виробництва визначають і порівнюють за окремі роки та в середньому за 3–5 років [9, 11, 18]. Із загальної сукупності підприємств найбільш ефективно працювало підприємство СП ТОВ «Нива Переяславщини». За рахунок залучення значних інвестицій в основні засоби виробництва та вертикальної диверсифікації (переробки продукції свинарства) підприємство в середньому за три останніх роки наростило потужності в 3,16 раза. Серед інших найбільш ефективно працювали ТОВ «АгроСвіт», ТОВ «Насташка». Оцінювання ефективності функціонування підприємств-виробників свинини регіону підтверджує, що більшість господарств характеризуються низьким та середнім рівнем ефективності [17, 18, 36]. Державі доцільно відмовитися від менеджерських виробничих функцій на користь створення умов ефективного розвитку підприємницької діяльності в аграрній (агропромисловій) сфері. Це стосується покращення умов кредитування; оподаткування; зменшення ставок ввізного мита на необхідне устаткування для використання його на підприємствах, що займаються виробництвом свинини; спрощення механізму отримання дозвільних документів для будівництва (реконструкції, перебудови) свинокомплексів та інше [62, 58].

Спеціалісти в галузі екології вважають, що інноваційно-інвестиційний розвиток економіки та окремих його складових потребує

системно-екологічного обґрунтування або врахування вимог екологічного менеджменту. Сучасні екологічні проблеми, що виникають у результаті інноваційно-індустріального розвитку свинарства, полягають у наступному: зі зростанням поголів'я свиней підвищується рівень забруднення навколишнього середовища, зростають викиди парникових газів (ПГ) у вигляді метану та повітряних азотних осадів [19, 28, 53, 68]. З позиції прагнення України розширити ринки збуту необхідно дотримуватися міжнародних стандартів (рекомендацій) із виробництва та якості продукції свинарства, інакше виробникам свинини гарантовані серйозні перепони до вигідних міждержавних торгових операцій [21, 29, 36]. Звітні дані міністерства охорони навколишнього середовища свідчать: свинарство у загальній структурі тваринництва України за обсягами викидів ПГ, метану (CH4) та окису азоту (N2O) посідає друге місце [23, 24, 39]. Прийняття виробниками світових «правил гри» до якості та безпеки сільськогосподарської продукції страхує їх від ролі «аутсайдерів» на світовому ринку [26, 46].

Технологія здатна служити основним і потужним інструментом, за допомогою якого фірма може завоювати і зберегти перевагу у конкурентній боротьбі. Найкращий із сценаріїв інноваційного розвитку свинарських підприємств слід очікувати при поєднанні внутрішніх сильних сторін та зовнішніх можливостей [34, 56]. Стратегія інноваційного розвитку підприємств галузі свинарства зорієнтована на активізацію інноваційної діяльності підприємств-виробників свинини та підвищення ефективності їх функціонування на ринку та у площині безпеки такої діяльності [63]. Інвестиційна політика держави спрямована на створення суб'єктом господарювання необхідних умов для залучення та концентрації коштів для потреб розширеного відтворення основних засобів виробництва та забезпечення ефективного використання цих коштів [58]. Держава взяла зобов'язання щодо зміни режиму оподаткування сільськогосподарських виробників, що полягає у відміні нульової ставки ПДВ для українських виробників при здійсненні постачання м'яса у живій вазі на переробні підприємства та припинення виплати дотацій виробникам [17]. За еволюційним підходом, прогрес будь-якої галузі народного господарства відбувається тоді, коли в економічний простір стрімко входять новації та інноваційні перетворення, коли нові технології та продукти змінюють структуру попиту, виявляють нові потреби, порушують особливості процесу ціноутворення [56]. Практичні аспекти інноваційних технологій (фінансування, проєктування, будівництво, дозвільні документи, обладнання, добробут, селекція, годівля свинейта інше) потребують окремого аналізу [55].

Висновки. Отже, оцінюючи теоретичні аспекти інноваційних технологій у свинарстві, необхідно зазначити: методичною та методологічною основою цього аналізу є комплексний підхід до проблем розвитку та запровадження інновацій на підприємствах, що виробляють продукцію свинарства і дають змогу виявити вплив різних чинників на кінцеві результати виробничо-господарської діяльності підприємств, а також визначити наслідковий зв'язок між впровадженням інновацій свинарськими підприємствами та їх конкурентним положенням на ринку. Аналіз теоретичних та прикладних аспектів розвитку свідчить, що в основі підвищення ефективності функціонування підприємств галузі свинарства на ринку лежить інноваційна діяльність. Рішення про характер та вид інновацій на підприємстві ґрунтується на комплексному методі оцінки інновацій, стратегічному плануванні та досконалому прогнозуванні діяльності підприємства, що враховує внутрішні та зовнішні чинники позитивного і негативного впливу на фактичну ефективність функціонування підприємства. Інноваційний розвиток підприємств галузі свинарства повинен включати низку питань екологічного спрямування щодо: способів видалення, утилізації та можливого використання гною та інших відходів свинокомплексів; безпеки використання біологічного матеріалу під час виробництва та споживання продукції свинарства. Підприємства галузі свинарства мають резерви підвищення економічної ефективності і знаходяться в межах 15–67 % за рахунок оновлення, раціонального використання матеріально-технічної бази і раціонального розміщення ресурсів [18]. Аспектом вчасного використання можливостей залучення підприємствами галузі свинарства капіталу в інновації є наявність єдиного інформаційного простору. Важливим і не тільки для галузі свинарства, а для всього народного господарства, є розвиток важкої промисловості, машинобудування, біологічної хімії. Розвиток цих галузей сприятиме забезпеченню свинарства вітчизняними машинами, обладнанням, агрегатами, кормовими добавками, ветеринарними препаратами тощо. Питання безпеки та якості продуктів харчування з кожним роком набуває значення: з огляду на стрімкий розвиток світової хімічної

і біотехнологічної промисловості та в контексті глобалізації аграрних ринків. Прийняття виробниками світових «правил гри» до якості та безпеки сільськогосподарської продукції, страхує їх від ролі «аутсайдерів» на світовому ринку [46]. Оптимальною стратегією інноваційного розвитку свинарських підприємств є стратегія сталого розвитку, що найбільше відповідає інтересам господарств-виробників свинини. Стимулювати комерційні банки надавати кредити, за необхідності створити єдиний державний земельний банк, що задовольняв би фінансові потреби фермерів на вигідних умовах за дотримання певних зобов'язань; запровадити розробку механізмів переведення амортизаційних відрахувань у фінансові інвестиції. Збереження зазначених вільних амортизаційних коштів на рахунках у спеціально створених аграрних інвестиційних банках дасть їм змогу на вигідних умовах інвестувати у перспективні підприємства тваринницької галузі; сприяти розбудові системи страхування аграрних ризиків, нерозвиненість яких суттєво послаблює інноваційні та інвестиційні можливості свинарських підприємств [17]. Інвестиції у техніко-технологічні інновації у довгостроковій перспективі мають бути збільшені та раціонально використані, наприклад, спрямовані на підвищення професійного рівня співробітників [57]. Для утилізації гнойових стоків необхідно створювати замкнуті екологічні системи, які дозволять перетворювати відходи тваринництва в родючість ґрунту, інтенсифікувати рослинництво (корм для свиней) і зберегти навколишнє середовище від забруднення. З цього погляду перспективними моделями свинарських підприємств можуть бути комплекси потужністю 54 тис. свиней на рік. Будівництво більших комплексів (108–216 тис. свиней на рік) вимагає не тільки ретельного техніко-економічного обґрунтування, але й проведення обов'язкової державної експертизи проєктів [2].

REFERENCES

1. Lugovyi, S. I., Lykhach, V. Y., Lykhach, A. V. (2015). Automated information system «Accent – breeding accounting in pig breeding» in animal breeding. Poltava, Issue 67, pp. 90–94. (In Ukrainian).

2. Prysiazhniuk, M., Zubets, M., Sabluk, P. (2011). Agrarian sector of the economy of Ukraine (state and prospects of development). Kyiv: SSC IAE, 1009 p. (In Ukrainian).

3. Shpychak, O., Lupenko, Y., Prysiazhniuk, M. (2012). Analysis and forecast of the conjuncture of world markets of livestock products. K.: SSC IAE, 251 p. (In Ukrainian).

4. Babenko, O. Pig breeding in China – the world leader in pork production. Available at:http://agritour.com.ua/text/read/226/. (In Ukrainian).

5. Bazylevych, V. D., Ilyin, V. A. (2010). Metaphysics of Economics: a monograph. 2nd ed. K., 923 p. (In Ukrainian).

6. Birta, G. O. (2011). Commodity characteristics of pig production: a textbook. K.: Center for Educational Literature, 143 p. (In Ukrainian).

7. Birta, G., Rybalko, V. (2009). Formation of meatiness of pigs. Livestock of Ukraine. no. 3, pp. 19–21. (In Ukrainian).

8. Boyko, I. V. (2008). Innovative development of the participating states in the context of global challenges: proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference «Problems and prospects of innovative development of the economy.» K.: SPP Tsudzynovych T. I., pp. 63–67. (In Ukrainian).

9. Borisov, E. F. (2005). Economic theory. 3rd ed. K.: Yurait-Idat, 398 p. (In Ukrainian).

10. Bocharov, S. (2001). Factors of innovation activity. Investitsii, no. 6, pp. 19–27.

11. Shpykuliak, O. G., Voskoboinyk, Y. P. (2008). Costs and efficiency of products in agricultural enterprises (monitoring). K.: NSC IAE, 351 p. (In Ukrainian).

12. Vitkov, M.,S. (2005). Development of investment policy in agriculture of Ukraine. Economy of AIC, no. 1, pp. 54–57. (In Ukrainian).

13. Volkov, O.I., Denysenko, M.P., Grechan, A.P. (2006). Innovative development of the industry of Ukraine: a textbook. K.: KNT, 648 p. (In Ukrainian).

14. Volodin, S. A. (2006). Conceptual provisions for the creation of a highly efficient innovative system of pig production. Economy of AIC, no. 1, pp. 72–83. (In Ukrainian).

15. Gannachenko, S. L. (2008). Growth of competitiveness of the agro-industrial complex on the basis of innovations: proceedings of the XII international scientific and practical conference «Problems and prospects of innovative development of the economy». K.: SPD Tsudzinovich T.I., pp. 295–298. (In Ukrainian).

16. Danilov, B. V. (2008). Industrial development of pig breeding in modern conditions. Economy of AIC, no. 10, pp. 16–24. (In Ukrainian).

17. Reference material on foreign economic activity and assessment of the conditions of Ukraine's accession to the WTO in the agricultural sector. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine; Department of Foreign Economic Cooperation. K., 2008, 79 p. (In Ukrainian).

18. Donskova, S. V., Kulomzina, E. Y., Myachin, M. V. (2003). Mechanism of evaluation and forecasting of economic activity of enterprises. Food industry. no. 2, pp. 14–16.

19. Zholobetskyi, G. (2010). Management of innovation activity in the Agrarian sector. AIC: economy, management. no. 7, pp. 19–24.

20. Grevtsov, V. D. (1993). Collection of normative acts on property reform. K.: Harvest, pp. 139–141. (In Ukrainian).

21. Zaruk N. F. Boryaeva, T. F. (2008). The role of innovative developments to stimulateaccelerated development of livestock breeding. Economics of agricultural and processing enterprises. Enterprises, no. 1, pp. 47–49.

22. Ivanov, V. O., Voloshchuk, V. M. (2005). Alternative technology of pork production. Tavri Scientific Bulletin. Kherson, Issue 39/1, pp. 101–107. (In Ukrainian).

23. Inventory of greenhouse gas emissions and their absorption in Ukraine: national report. Ministry of Environmental Protection of Ukraine. K., 2009, 316 p. (In Ukrainian).

24. Kalinchyk, M. V., Tolkach, M. I. (2007). Methodical and practical aspects of economic assessment of resource-saving technologies in agriculture. Economy of AIC, no. 11, pp. 86–92. (In Ukrainian).

25. Titarenko, M. L. (1999). China on the Path of Modernization and Reforms. K.: Vostochna Litteratura Publishing House, pp. 211–228. (In Ukrainian).

26. Klibenstein, J. (2001). Economic and social aspects associated with large-scale livestock systems, as well as environmental issues. Materials of JSC «Agrosoyuz» Dnipropetrovsk, 16 p.

27. Klymenko, A. (2010). The content of mycotoxins in feed for pigs. Price list, no. 3, pp. 57–59. (In Ukrainian).

28. Kozhushko, L. F., Skrypchuk, P. M. (2007). Ecological management: a textbook. K.: VC «Academy», 433 p. (In Ukrainian).

29. Kokurin, D. I. (2001). Innovative activity. Exam, 576 p.

30. Kravets, I. V. (2008). The main directions of development of innovative activity of enterprises of the pig industry. Science and Economics. Khmelnytsky Economic University, Issue 2, pp. 279–285. (In Ukrainian).

31. Lapko, O. (2009). Innovative activity in the system of state regulation. Institute of Economic Forecasting of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ivano-Frankivsk State Technical University of Oil and Gas. K., 254 p. (In Ukrainian).

32. Moskalenko, O. M. (2008). Formation of institutions of innovative economy in Ukraine: theoretical and practical aspects of institutional modifications and economic policy. Problems and prospects of innovative development of the economy: materials of the XIII international scientific and practical conference on innovation activity. K.; Simferopol, Sevastopol, pp. 38–43. (In Ukrainian).

33. Muzyka, P. M., Solomonko, D. O. (2008). Organizational (institutional) support of innovative activity in the agrarian sector of Ukraine: proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference «Problems and Prospects of Innovative Development of the Economy.» K.: SPD Tsudzynovych T.I., pp. 322–325. (In Ukrainian).

34. Nelep, V. M. (2004). Planning at an agricultural enterprise: a textbook / 2nd ed. K.: KNEU, 495 p.

35. Pavlenko, I. A. (2016). Economics and organization of innovation activity: textbook. 2nd edition, unchanged. K.: KNEU, 204 p. (In Ukrainian).

36. Kolot, V. M., Repina, I. M., Shcherbyna, O. V. (2019). Entrepreneurship: organization, efficiency, business culture: a textbook. Kyiv: KNEU, 444 p. (In Ukrainian).

37. Pokropyvnyi, S. F. (2005). Innovative management in the market system of management. Ukraine economy. no. 2, 24 p. (In Ukrainian).

38. Melnyk, Y. I., Lytovchenko, A. M., Rybalko, V. P. Program of selection with local and endangered genotypes of pigs of Ukraine for 2003–2012. (In Ukrainian).

39. On Amendments to Certain Laws of Ukraine on the Establishment of a Green Tariff: Law of Ukraine of September 25, 2008, No. 601-VI. 2008, No. 601-VI. Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. 2009, no. 13, 156 p. (In Ukrainian).

40. On Amendments to the Law of Ukraine "On Leasing": Law of Ukraine of December 11, 2003 N 1381-IV. Bulletin of the Verkhovna Rada (VVR). 2004, no. 15, 232 p. (In Ukrainian).

41. On Innovation Activity: Law of Ukraine of July 4, 2002, No. 40-IV. 2002, No. 40-IV. Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. 2002, no. 36, 267 p. (In Ukrainian).

42. On Value Added Tax: Law of Ukraine of April 3, 1997, No. 168/97-R. 1997, No. 168/97-BP. Information of the Verkhovna Rada of Ukraine. 1997, no. 21, 157 p. (In Ukrainian).

43. On Priority Areas of Innovative Activity in Ukraine: Law of Ukraine of January 16, 2003, No. 433-IV. Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. 2003, no. 13, 94 p. (In Ukrainian).

44. Program for the development of the pig industry in Ukraine until 2020. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. 43 p. (In Ukrainian).

45. Tsarenko, O. M., Kryatov, O. V., Kryatova, R. E., Bondarchuk, L. V. (2004). Resource-saving technologies of pork production: theory and practice: textbook. Sumy: University book, 268 p. (In Ukrainian).

46. Rybalko, V. P. (2006). Tendencies and directions of pig breeding development. Effective animal husbandry. no. 7, pp. 7–12. (In Ukrainian).

47. Topikha, V. C., Lykhach, V. Y., Lugovyi, S. I. (2012). Technology of production of pig products : a textbook. MDAU, 453 p. (In Ukrainian).

48. Voloshchuk, V. M., Rybalko, V. P., Berezovsky, M. D. (2009). Pig breeding: a monograph.Kherson, 477 p. (In Ukrainian).

49. Pigs for slaughter. Technical conditions: DSTU 4718:2007 [in force since 2011-07-01]. K.: State consumer standard of Ukraine, 2008, 7 p. (National standard of Ukraine). (In Ukrainian).

50. Stepanov, O. P., Goncharov, N. P., Androshchuk, G. O. (2017). Innovative business: credit modular system: a textbook. K.: NAU Book Publishing House, 420 p. (In Ukrainian).

51. Surmin, Y. P. (2016). Scientist's Workshop: a textbook for a scientist. K.: NMC «Consortium for the Improvement of Management Education in Ukraine», 302 p. (In Ukrainian).

52. Vlasenko, N. S. (2020). Livestock of Ukraine in 2019: statistical collection. State Statistics Committee of Ukraine. Kyiv, 211 p. (In Ukrainian).

53. Gerasimov, V. I., Baranovsky, D. I., Khokhlov, A. M. (2012). Technology of pig production: a textbook for training specialists in agricultural higher educational institutions of III-IV levels of accreditation in the specialty «Technology of production and processing of livestock products». X.: Espada, 448 p. (In Ukrainian).

54. Fedun, I. L. (2017). Innovative direction of development of agriculture. Innovative economy. no. 2, pp. 24–31.

55. Fesenko, V. F., Karkach, P. M. (2020). Theoretical and practical aspects of innovative technologies in pig production. Bila Tserkva, 140 p. (In Ukrainian).

56. Konstantinov, F. V. (2007). Philosophical Encyclopedia. Kyiv: «Science of Logic», Vol. 4, 453 p. (In Ukrainian).

57. Sabluk, P. T. (2000). Formation and functioning of the market of agro-industrial products: a practical guide. K.: IAE, 259 p. (In Ukrainian).

58. Prices, costs. Profits of agricultural production and infrastructure of food markets. K.: IAE, 2010, 586 p. (In Ukrainian).

59. Chertkov, D. D. (2007). Scientific substantiation of low-cost technology of pig production in Ukraine: Doctor of Agricultural Sciences: 06.02.04. Dnipropetrovsk, 434 p. (In Ukrainian).

60. Chudak R. A., Poberezhets Y. M., Ushakov V. M., Babkov Y. I. (2021). Influence of feed additives and mixed fodders on productivity and quality of meat in pigs: monograph: monograph. Vinnytsia, 203 p. (In Ukrainian).

61. Shebanin, V. S., Lykhach, V. Y. (2012). Training of an agrarian specialist within the system of innovative development of the agro-industrial complex. Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region. Mykolaiv: MDAU, Issue 1 (65), pp. 3–12. (In Ukrainian).

62. Yurchyshyn, V. V. (2009). Agrarian Policy in Ukraine at the Turns of Political Epochs: Historical, Social and Economic Essays. NASU, Institute of Economics and Forecasting. Kyiv: Scientific thought, 369 p. (In Ukrainian).

63. Yakobchuk, V. P., Kravets, I. V., Rusak, O. P. (2012). Innovative development of the pig industry. Zhytomyr: Yevenok O.O. Publishing House, 189 p. (In Ukrainian).

64. Budget charges on research works in an agrarian sector during 2001-2006. AAAS Report XXXI: Research and Development FY 2017. Available at: http://www.aaas.org/spp/rd.

65. Christiansen, J. P. (2016). Svinehold – en grundbog. 4. rev. upgave. Danish Agricultural Advisory Service. National Center. 174 p.

66. Metcalfe, J. S. (2008). Evolutionary economics and creative destruction. J. Stanley Metcalfe: Routledge, 153 p.

67. Riggs, H. E. (2013). Managing high-technoiogy companies. Belmont, 63 p.

68. Ukraine: pig breeding pork market. Information company ProAgro. K., 2017, 140 p. (In Ukrainian).

69. Shpetnyi, M. B., Povod, M. H., (2018). The influence of paratypic factors on the productivity of piglets after weaning in the conditions of industrial pork production technology. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series «Animal Husbandry». Vol. 7 (35), pp. 166–171. Available at:http://repo.snau.edu.ua/bitstram/123456789/6613/1/14.pdf (In Ukrainian).

70. Tsarenko, O. M., Kryatov, O. V., Kryatova, R. E., Bondarchuk, L. V. (2004). Resource-saving technologies of pork production: a textbook. Sumy: SNAU, 268 p. (In Ukrainian).

Theoretical aspects of innovative technologies in pig production

Fesenko V., Karkach P., Mashkin Y., Kuzmenko P.

In the context of the globalization of the economy, the development of pig breeding enterprises is possible based on the highly efficient production of livestock products. A constraining factor for development is the lack of innovative technologies in most enterprises and the insignificant impact of the introduction of innovative activities on improving production efficiency. There is an important need to implement innovative transformations that would improve the economic performance of pig breeding enterprises, saturate the market with domestically produced products, and satisfy the social demand for cheap pork. The innovative model of pig production development ensures the competitiveness of enterprises in the industry, increases the level of food security of the state, and helps to solve problems related to environmental pollution and uncontrolled use of various additives in pork production. These issues necessitate substantiation of approaches to innovative development of enterprises in the pig industry and improvement of their efficiency. The experience of domestic enterprises and foreign pork producers shows that in times of economic instability, it is important to be prepared for changes in the meat market. Such readiness is ensured by the planning and implementation of innovative approaches to the pig industry at enterprises. The innovative activity of enterprises in modern conditions should be aimed at social and economic satisfaction of the population's needs and environmental safety. The article focuses on theoretical and methodological aspects of the innovative development of the pig industry. The issues of modern technologies, innovations, and innovative activity are highlighted, and the definition of "innovative development of enterprise" is analyzed.

The article analyses the direction of development of competitive pig farms, taking into account the level of technological development of production and changes in the market share of enterprises. A special approach to the formation of the development of pig enterprises based on the transition to an innovative model of ensuring their competitiveness and modernisation of production according to the criteria that meet the capital replenishment, satisfaction of market demand for pork, and a slight negative environmental impact on the environment is noted.

Key words: innovations, innovative activity, innovative development of pig breeding enterprises, economic indicators, innovative approaches, pork market, food security, environmental pollution, environmental safety.

Copyright: Фесенко В.Ф. 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:
Фесенко В.Ф. https://orcid.org/
Каркач П.М. https://orcid.org/
Машкін Ю.О. https://orcid.org/
Кузьменко П.І. https://orcid.org/

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

UDC 636.59.084:661.155.3:615.32:577.12

Effect of using nanoselenium bioconjugates together with probiotics on metabolic parameters of quail

Bityutskyy V.[1], Tsekhmistrenko S.[1], Kharchyshyn V.[1], Melnychenko Yu.[1], Tymoshok N.[2], Melnychenko O.[1]

[1] *Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine*
[2] *D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Tsekhmistrenko S.I. E-mail: Svetlana.tsehmistrenko@gmail.com

ACCESS

OPEN ACCESS

Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Харчишин В.М., Мельниченко Ю.О., Тимошок Н.О. Вплив використання біокон'югатів наноселену разом з пробіотиками на метаболічні показники організму перепелів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 81–88.

Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Kharchyshyn V., Melnychenko Yu., Tymoshok N., Melnychenko O. Effect of using nanoselenium bioconjugates together with probiotics on metabolic parameters of quail. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 81–88.

Рукопис отримано: 10.04.2024 р.
Прийнято: 23.04.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-81-88

In the context of the modern industrialisation of poultry farming and the growing global demand for quail products, finding effective ways to improve bird productivity and health is extremely important. One of the most promising approaches is the use of nanoselenium bio-compounds with probiotics to improve the metabolic parameters of quail. Recent research has focused on the synthesis of selenium nanoparticles using probiotics as an environmentally friendly alternative to traditional methods of adding inorganic selenium to quail feed. The advantage of this approach is the production of a biocompatible and bioavailable form of selenium, which provides birds with the ability to effectively absorb and use selenium for various physiological processes.

The effect of innovative feed additives, such as selenium nanoconjugates and probiotics, on various metabolic parameters in quail was investigated. These include the activity of antioxidant defence enzymes, indicators of carbonyl oxidative stress, protein carbonyl levels and protein metabolism. By adding selenium nanoconjugates and probiotics to quail feed, an improvement in antioxidant defence mechanisms was observed, leading to a reduction in oxidative stress and an improvement in the overall health of the birds. In addition, improved protein metabolism as a result of these supplements has been shown to have a positive impact on the productivity and quality of quail products. In summary, investing in high quality feed additives such as selenium nanoconjugates and probiotics is a strategic approach to improving the productivity and profitability of poultry production. By taking advantage of the benefits of nanotechnology and probiotics, farmers can optimise the health and productivity of their poultry flocks, meeting the growing demand for quail products on the national market.

Keywords: bionanotechnology, nanoselenium conjugates, biogenic synthesis, quercetin, quail, blood, liver, biochemical parameters, oxidative modification of proteins.

Problem statement and analysis of recent research. The poultry sector is developing and industrialising in many parts of the world due to population growth, increasing purchasing power and urbanisation. The growth in global demand for poultry products, particularly quail, can be explained by their high nutritional value and the significant role of poultry. About 10% of all table eggs in the world come from quail, and their meat accounts for about 0.2% of global poultry production. The number of domestic quails used for meat and egg production is about 11.8% of all produc-

tive poultry, ranking them second only to laying hens. China, Spain, France, Italy, Brazil, the United States and Japan are the world leaders in quail production [20].

The addition of selenium to quail feed provides a variety of benefits that have a positive impact on health, productivity and reproductive capacity. Selenium supplementation has been shown to improve egg quality, including increased shelf life during storage periods [23]. Selenium plays a crucial role in antioxidant defence mechanisms, protecting against oxidative stress and supporting the overall immunity of poultry [26].

Selenium (Se) is an important microelement with a variety of physiological functions related to cellular homeostasis, body metabolism and antioxidant defence. Se is an integral component of at least 25 selenoproteins in the body, which regulate cellular redox and enzymatic antioxidant defence systems, control the content and activity of free radicals and reactive oxygen species [22].

One of the modern innovative solutions is the use of selenium nanoparticles obtained through green synthesis using probiotics. Traditional methods of selenium supplementation, such as inorganic selenium salts, have limitations in terms of bioavailability and potential toxicity. Therefore, the environmentally friendly synthesis of selenium nanoparticles using probiotics and plant extracts is a promising alternative [32].

Selenium nanoparticles (SeNPs) in poultry diets have been shown to improve performance, growth, immune response, antioxidant status, and overall health, providing advantages over traditional sources of selenium [22].

The dietary supplementation of chemical nanoselenium (Che-SeNPs 0.4 g/kg) in Japanese quail diets improves growth efficiency, antioxidant status, immunity and gut microbiota, while reducing feed intake [1].

Nano-selenium has a better feed effect than selenium yeast for quail, with an optimal supplementation level of 0.2 mg/kg [24]. The use of nano-Se (at a dose of 0.1 mg/kg) in the diet of Japanese quail has been shown to improve several parameters of reproductive function [11], but the best results are obtained with the addition of selenium at a dose of 0.3 mg/kg [29].

The use of probiotics in the synthesis of selenium nanoparticles not only increases the bioavailability of selenium, but also provides additional health benefits for poultry [33]. Probiotics are beneficial microorganisms that promote the development of a healthy gut microbiota, improve nutrient absorption, and enhance the immune response. The combination of selenium nanoparticles and probiotics can potentially synergise their effects, improving reproductive function, immunity, thyroid hormone metabolism, and antioxidant defence in animals [3].

Chronic stress and inflammation, also known as the "secret killers" of poultry, can lead to lipid peroxidation, protein oxidation and nitration, DNA damage and, ultimately, apoptosis. Systemic inflammation is associated with the release of cytokines, dysbiosis and leaky gut syndrome. This syndrome is mainly caused by oxidative stress reactions that disrupt the barrier function of the cells lining the intestinal wall [5].

The mechanisms of biological action underlying the positive effect of selenium nanoparticles obtained by green synthesis using probiotics are multifaceted. Firstly, selenium nanoparticles enhance the expression and activity of selenium enzymes, such as glutathione peroxidase and thioredoxin reductase, which are involved in antioxidant defence mechanisms. By reducing oxidative stress and scavenging free radicals, selenium nanoparticles protect the thyroid gland and other vital organs from damage. Secondly, the probiotics present in the green fusion process produce metabolites that promote gut health and modulate immune responses, further improving the overall health of broilers. Finally, the combination of selenium nanoparticles and probiotics improves nutrient absorption and utilisation, ensuring optimal metabolic processes in birds.

In summary, the addition of nanoselenium and probiotics in quail breeding is essential to ensure optimal metabolic activity, reproductive performance, egg quality and overall health of quail, making it a promising nutritional strategy for quail production.

The aim of the research was to investigate the effectiveness of the use of nanoselenium bioconjugates together with probiotics on markers of pro- and antioxidant processes, hepatocyte status and protein metabolism.

Materials and methods of research. Nanobioconjugates of selenium with probiotic exometabolites and onion peel flavonoids were synthesised jointly with scientists from the Department of Interferon and Immunomodulators of the D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine and in the laboratory of the Research Institute of Ecology and Biotechnology of the BNAU. The researchers used onion peel extract as a natural and affordable source of the flavonoid quercetin and its metabolites, as a reducing agent and stabiliser of selenium nanoparticles, and to improve the bioavailability of natural bioflavonoids [6].

Scientific and economic experiments to determine the effectiveness of using different forms of

selenium in combination with a probiotic on the metabolic parameters of quails were conducted in a vivarium. The study was performed using the method of analogue groups [17].

Quails of the Pharaoh breed of meat production were divided into 4 groups – control and three experimental, 100 birds in each. The duration of the study was 35 days.

The experimental quails were kept in groups of 25 birds in single-tiered cages. Quails of the control group received complete feed (CF). Biogenic nanoselenium (BnSe) (0.3 mg Se/kg feed + *B. Subtilis* (2 g); bioconjugate of nanoselenium with onion peel flavonoids (QSe) (0.3 mg Se/kg feed + *L. Plantarum* (3 g); (BnSe + QSe) 0.3 mg Se/kg feed + *B. Subtilis* IMB B-7392 + *L. Plantarum* (4 g). At the end of the scientific and economic experiment, quails were slaughtered (5 birds from each group). The dosage of probiotics and Selenium nanopreparations corresponded to the established effective amounts, according to previous scientific studies. Blood sampling and weighing of quails was carried out after the experiment (day 35). For biochemical studies, test kits from Filisit Diagnostics (Ukraine) were used. The content of total protein was determined in the blood serum by the Lowry method [19], total lipids, uric acid [27], transaminase activity (AST, CE 2.6.1.1 and ALP, CE 2.6.1.2) was determined using reagent kits "Aspartate aminotransferase" and "Alanine aminotransferase" [25]. The concentration of TBA-active products in liver homogenates was expressed as nmol MDA/g tissue [7]. The oxidative modification of proteins was studied in the liver by the content of carbonyls in proteins. To assess the intensity of oxidative modification of proteins, we used the method of spectrophotometric analysis of carbonyl groups formed by the interaction of reactive oxygen species with amino acid residues using 2,4-dinitrophenylhydrazine. The formation of 2,4-dinitrophenylhydrazone was recorded at a wavelength of 370 nm, and the level of carbonyl groups was calculated using a molar extinction coefficient of 21000 $M^{-1}cm^{-1}$ [34].

The research was conducted in accordance with the principles of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Scientific Purposes (Official Journal of the European Union L276/33, 2010), as well as in accordance with the Law of Ukraine "On the Protection of Animals from Cruelty" of 28. 03.2006, No. 27, Art. 230, Order of the Ministry of Education and Science No. 416/20729 of 16 March 2012 "On Approval of the Procedure for Conducting Research and Experiments on Animals by Scientific Institutions" and approved by the Ethics Committee of Bila Tserkva National University (conclusion No. 2 of 31.05.18, Protocol No. 1). The research results were processed using standard statistical methods in Microsoft Excel.

Research results and discussion. Chronic stress and inflammation, also known as "secret killers" in animals, can lead to lipid peroxidation, protein oxidation and nitration, DNA damage, and ultimately apoptosis [14]. This is due to an imbalance between free radical generation and endogenous antioxidant protection, which in turn, negatively affects poultry health and productivity. In this study, we determined certain markers of pro- and antioxidant processes, hepatocyte status, and protein metabolism.

In this study, the level of protein carbonyl in the blood serum was measured as a biomarker of protein oxidation. Protein carbonylation is an irreversible oxidative modification of protein and has been confirmed to be an early marker of oxidative stress-related disorders. In our studies, the markers of the state of antioxidant defence and carbonyl oxidative stress (COS) were. The activity of the enzymes of the antioxidant defence system – superoxide dismutase (SOD) and catalase, as well as the content of the end product of lipid peroxidation – malondialdehyde (MDA) and the levels of oxidative modification products of protein molecules – aldehydephenylhydrazones (APH) and carboxyphenylhydrazones (CPH).

Protein carbonylation is the main sign of oxidative damage to proteins, which consists in the introduction of carbonyl groups, such as aldehyde, ketone and lactam groups, into the side chains of protein amino acids. To determine the level of oxidative stress in the context of cellular damage, aging, and some age-related disorders, protein carbonyls are commonly detected and quantified [21].

The level of SOD and catalase on day 35 in quails of the experimental groups statistically significantly increased by 28.9 % and 32.9 % ($p<0.05$), respectively, compared to the corresponding indicators of the control group (Table 1).

The study of MDA content, as well as aldehyde and carboxyl products of oxidative protein modification in liver tissue was characterised by a statistically significant decrease. In particular, on day 35 of the study, the decrease in AFH was 10.7 %, 26.5 % and 34.9 % ($p<0.05$) in the experimental groups, respectively. At the same time, a decrease in the concentration of CFGs, which are considered to be more toxic, was recorded at the level of 21.9 %, 23.4 and 43.2 % ($p<0.05$), respectively. The correlation between TBA-AP and CFH ($r=0.67$) established in this study indicates the relationship between the processes of carbonyl and oxidative modification of biocompounds.

Table 1 – **Evaluation of the state of oxidative protein modification and antioxidant status of quail liver in control (1), with the addition of BnSe + *B. Subtilis* (2), QuSe + *L. Plantarum* (3) and BnSe + QuSe + *B. Subtilis* IMV B-7392 + *L. Plantarum* (4),** M±m, n=6

Indicators	Poultry groups			
	1	2	3	4
APH, c.u./g protein	6,84±0,19	6,11±0,18	5,82±0,14*	5,24±0,12**
CPH, c.u./g protein	9,31±0,25	8,42±0,36	8,31±0,42*	7,22±0,24**
TBA-AP, nmol MDA/mg protein	4,82±0,46	3,96±0,32	3,35±0,38*	2,93±0,28**
SOD, act.unit/mg protein	968±181,6	1168±154,2	1188±153,8	1248±181,1
Catalase, unit/mg Protein	54,6±4,46	61,2±5,46	68,6±4,32	72,6±5,46*

The system of antioxidant enzymes consists of CAT, SOD, GSH-Px and others. The main enzyme of this system is CAT, which has anti-inflammatory and antioxidant effects and is widely distributed in microorganisms, animals and plants. It catalyses the decomposition of hydrogen peroxide (H_2O_2), thereby preventing iron chelates from using H_2O_2 and oxygen (O_2) to form more toxic hydroxyl radicals. This, in turn, prevents the oxidation of cell membrane lipids and reduces oxidative damage [30].

The results of our studies on the activation of the enzymatic link of antioxidant defence by functionalised selenium nanoparticles are confirmed by the data of other authors. It has been shown [4] that selenium nanoparticles conjugated with chitosan microparticles or chitooligosaccharides (SeNPs-CS/COS-Ms) are much safer than selenite and can protect mice from oxidative stress, induced by ethanol, reducing lipid and protein oxidation and enhancing the activity of glutathione peroxidase (GSH-Px), superoxide dismutase (SOD), and catalase (CAT).

The study by Khurana et al. (2019) presents the role of SeNPs in pharmacological protection against various inflammatory and oxidative stress conditions. Selenium (Se) differs from other essential micronutrients in that it is cotranslationally incorporated into the polypeptide chain as part of the 21st natural amino acid, selenocysteine (Sec), encoded by the UGA codon [16]. This unique characteristic distinguishes Se from other trace elements that interact with proteins as cofactors. Therefore, any protein containing Sec in its polypeptide chain is classified as a selenoprotein [35]. Selenoproteins often regulate the physiological redox balance through their oxidoreductase activity [16]. Inorganic selenium (Se) has a narrow therapeutic window, and the limits of toxicity are delicate. However, Se nanoparticles (SeNPs) have significantly lower toxicity [31].

Protein carbonylation is an irreversible oxidative modification of a protein and it is an early marker of oxidative stress-related disorders. Protein carbonyls can be formed as a result of metal-catalysed oxidation of lysine, proline, arginine and threonine residues, direct oxidation of tryptophan and reactive products of lipid peroxidation of cysteine. Since carbonylated proteins cannot be reduced by cellular enzymes, the cell's proteasome system must break down modified proteins [12]. The level of protein carbonyls is considered the gold standard for measuring protein oxidation [13].

Carbonyl derivatives of proteins are stable products that are formed with the participation of amino acid residues of proline, arginine, lysine, threonine with the formation of Michael adducts [8].

Proteins, lipids and nucleic acids are the main targets of oxidation reactions in humans and animals. Proteins are particularly sensitive to oxidation because of their rapid reaction with oxidants and their abundance in cells, extracellular tissues, and body fluids. This sensitivity makes proteins a primary target for oxidative damage and subsequent modifications. Reversible modifications are related to physiological processes and constitute signalling mechanisms ("redox signalling"), while irreversible modifications can contribute to pathological situations and a number of diseases [15].

Lipids and nucleic acids are also vulnerable to oxidation, leading to a wide range of oxidative modifications and potential consequences for cellular function and health [28].

Demasi et al. (2023) combined current knowledge of redox modifications of proteins with their role in redox signalling and human pathological conditions [10]. They explored the various ways in which protein oxidation can contribute to the development and progression of disease. Some oxidative modifications of protein contribute to loss of protein function, degradation or aggregation, and some lead to proteotoxicity and disruption of cellular homeostasis. However, not all

oxidative modifications are necessarily associated with damage, as is the case with the oxidation of protein residues Met and Cys. In these cases, changes in the redox state can alter protein structure, catalytic function, and signal transduction processes in response to metabolic and/or environmental changes [10].

Protein oxidation, which occurs as a result of the inevitable formation of reactive oxygen species (ROS) and other oxidants, leads to various post-translational modifications of proteins. These modifications include protein oxidation, glycoxidation, and lipoxidation, which can be either reversible, playing a role in physiological processes, or irreversible, contributing to pathological conditions and diseases. The products of protein oxidation are often chemically stable and abundant, making them likely biomarkers of oxidative damage.

Free radicals attack proteins along the entire length of the polypeptide chain, destroying all levels of their structural organisation, which causes aggregation and fragmentation of protein molecules. Protein aggregation is associated with the ability of ROS to form intermolecular cross-links. As a result of protein denaturation, their conformation is disturbed, and they become more sensitive to the action of proteolytic enzymes. The most susceptible to oxidation are lysine, arginine, proline, threonine, sulfur-containing (methionine, cysteine, cystine) and aromatic (histidine, tryptophan, tyrosine) amino acid residues of proteins, which are converted to carbonyl derivatives.

De Carvalho et al. (2022) conducted a comparative study of the antioxidant capacity of amino acids, including lysine, methionine, tryptophan, tyrosine, cysteine, proline, and arginine. They found that amino acids preferentially react with Fe(III)-1-nitroso-2-naphthol-3,6-disulfonic acid, indicating their reducing ability and potential susceptibility to oxidation [9].

Andrés et al. (2022) examined the effect of reactive species on amino acids. They described how tyrosine, methionine, cysteine, and tryptophan can react with harmful peroxynitrite or radicals such as •OH and $•NO_2$, leading to hydroxylation, nitration, or halogenation. This supports the idea that these amino acids are particularly susceptible to oxidative modifications [2].

Koshti et al. (2021) investigated unusual aggregates formed by the self-assembly of proline, hydroxyproline, and lysine. They found that these amino acids can form toxic self-assemblies, suggesting a role in metabolic disorders such as hyperprolinaemia, hyperhydroxyprolinaemia, and hyperlysinaemia. Research shows that these amino acids can undergo significant structural changes under certain conditions, potentially due to oxidative processes [18].

Thus, protein carbonylation is often used to quantify and qualitatively assess oxidative modification of proteins (OMP). The products of OMB have a longer half-life than lipid peroxidation (LPO) products, which makes them a promising marker for assessing the intensity of free radical oxidation in biological systems.

Proteins are targets of oxidative modification by reactive oxygen species (ROS). Their reactions with ROS often lead to the modification of certain amino acid residues, such as histidine, lysine, arginine, proline and threonine, to form carbonyl derivatives. Protein carbonylation is often used to quantify the total oxidation of proteins [34]. Regarding the advanced lipoxidation end products, recent studies have mainly focused on the reactive intermediates 4-Hydroxy-2-nonenal (4-HNE) and MDA, which are likely to correlate with the number of protein modifications formed by the reaction with this carbonyl species [15]. In addition, elevated levels of protein carbonyls have been observed in several human diseases and are associated with aging processes. Protein carbonyl content can be considered as a biomarker of global oxidative damage to protein, with the advantage of early formation and a long circulation period compared to other parameters of oxidative stress [15]. Studies have shown that oxidative modifications of proteins are affected by various reactive species, leading to changes in protein structure and function. These modifications can have both regulatory and deleterious effects, depending on the context and degree of oxidation. Understanding these mechanisms is crucial to elucidating the role of oxidative stress in various diseases. In summary, these studies provide insight into the susceptibility of specific amino acids to oxidation, highlighting their potential reactivity under oxidative conditions, which can lead to structural changes and affect their biological role.

The study of protein metabolism indicators revealed an increase in protein ($p \leq 0.05$), albumin, and a tendency to decrease the activity of aminotransferases, indicating that the addition of various selenium compounds to the diet had a positive effect on metabolic processes and did not have a negative effect on liver cells, as evidenced by the activity of liver transaminase marker enzymes – ALT and AST (Table 2).

The tendency to decrease the concentration of uric acid and creatinine in the experimental groups indicates the absence of a negative effect on renal function.

Table 2 – **Biochemical parameters of blood serum of quails in control (1), with the addition of BnSe + *B. Subtilis* (2), QuSe + *L. Plantarum* (3) and BnSe + QuSe + *B. Subtilis* IMV B-7392 + *L. Plantarum* (4),** M±m, n=6

Indicators	Poultry groups			
	1	2	1	4
Total protein, g/dm^3	27,7±1,95	31,5±1,76	29,8±1,42	38,6±1,75*
Albumin, %	45,9±3,4	47,2±1,57	46,02±0,49	48,02±2,03
AST, mmol/year× dm^3	2,06±0,28	1,52±0,13	1,64±0,18	1,83±0,16
ALT, mmol/year× dm^3	0,35±0,05	0,28±0,02	0,23±0,03	0,21±0,02
Uric acid, μM/dm^3	412,1 ± 23,9	394,7 ± 18,5	372,5 ± 20,34	351,9 ± 16,74
Creatinine, μM/dm^3	40,3±2,46	39,8±1,52	36,7±1,82	34,5±1,94

Conclusions. A study was conducted to determine the effectiveness of the use of new probiotic preparations. The "green" synthesis of Selenium nanoparticles was carried out, which has a wide prospect of application in agricultural production. The addition of probiotics and nanoselenium to feed leads to the activation of metabolic parameters and increases the profitability of quail production. Thus, investing in high-quality feed solutions that include alternative antibiotics is the only highly effective option to simultaneously ensure human health, animal and poultry welfare, increase their productivity and meet consumer requirements.

REFERENCES

1. Alagawany, M., Qattan, S. Y., Attia, Y. A., El-Saadony, M. T., Elnesr, S. S., Mahmoud, M. A., Reda, F. M. (2021). Use of chemical nano-selenium as an antibacterial and antifungal agent in quail diets and its effect on growth, carcasses, antioxidant, immunity and caecal microbes. Animals, 11 (11), 3027 p. DOI:10.3390/ ani11113027

2. Andrés, C.M.C., Pérez de la Lastra, J.M., Andrés Juan, C., Plou, F.J., Pérez-Lebeña, E. (2022). Impact of reactive species on amino acids—biological relevance in proteins and induced pathologies. International Journal of Molecular Sciences, 23 (22), 14049 p. DOI:10.3390/ijms232214049

3. Badgar, K., Prokisch, J. (2020). The effects of selenium nanoparticles (SeNPs) on ruminant. Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences, pp. 1–8. DOI:10.5564/pmas.v60i4.1500

4. Bai, K., Hong, B., Huang, W., He, J. (2020). Selenium-nanoparticles-loaded chitosan/chitooligosaccharide microparticles and their antioxidant potential: a chemical and in vivo investigation. Pharmaceutics, 12 (1), 43 p. DOI:10.3390/ pharmaceutics12010043

5. Basiouni, S., Tellez-Isaias, G., Latorre, J. D., Graham, B. D., Petrone-Garcia, V. M., El-Seedi, H. R., Shehata, A. A. (2023). Anti-Inflammatory and antioxidative phytogenic substances against secret killers in poultry: Current Status and Prospects. Veterinary sciences, 10 (1), 55 p. DOI:10.3390/vetsci10010055

6. Bityutskyy V.., Tsekhmistrenko, S., Demchenko, A., Tsekhmistrenko, O., Melnychenko, O., Melnychenko, Y., Oleshko, O. (2022). The use of agricultural production waste in relation to bio nano technology for the synthesis of functionalized selenium nanoparticles. Technology of production and processing of livestock products, 2, pp. 42–50. DOI:10.33245/2310-9289-2022-175-2-42-50

7. Chernecky, C. C., Berger, B. J. (2012). Laboratory tests and diagnostic procedures. Elsevier Health Sciences.

8. Davies, K. J., Delsignore, M. E., Lin, S. W. (1987). Protein damage and degradation by oxygen radicals. II. Modification of amino acids. Journal of Biological Chemistry, 262 (20), pp. 9902–9907. DOI:10.1016/S0021-9258(18) 48019-2

9. de Carvalho, L.M., de Souza, M.W., Fonseca, F.L.A., Moya, H.D. (2022). A comparative study of antioxidant capacity of amino acids using the Fe (II)/1-nitroso-2-naphthol-3, 6-disulfonic complex and the Folin–Ciocalteu reagent: application in blood serum. Canadian Journal of Chemistry, 101 (1), pp. 25–32. DOI:10.1139/cjc-2022-0085

10. Demasi, M., Augusto, O., Bechara, E.J., Bicev, R.N., Cerqueira, F.M., da Cunha, F.M., Thomson, L. (2021). Oxidative modification of proteins: from damage to catalysis, signaling, and beyond. Antioxidants & Redox Signaling, 35 (12), pp. 1016–1080. DOI:10.1089/ars.2020.8176

11. El-Kazaz, S. E., Abo-Samaha, M. I., Hafez, M. H., El-Shobokshy, S. A., Wirtu, G. (2020). Dietary supplementation of nano-selenium improves reproductive performance, sexual behavior and deposition of selenium in the testis and ovary of Japanese quail. Journal of advanced veterinary and animal research, 7 (4), 597 p. DOI:10.5455/javar.2020.g457

12. Estévez, M. (2021). Protein carbonyls in meat systems: A review. Meat science, 89 (3), pp. 259–279. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.04.025

13. Fedorova, M., Bollineni, R. C., Hoffmann, R. (2014). Protein carbonylation as a major hallmark of oxidative damage: update of analytical strategies. Mass spectrometry reviews, 33 (2), pp. 79–97. DOI:10.1002/mas.21381

14. Kadawarage, R. W., Dunislawska, A., Siwek, M. (2024). Ecological footprint of poultry production and effect of environment on poultry genes. Physical Sciences Reviews, 9 (2), pp. 567–589. DOI:10.1515/psr-2021-0128

15. Kehm, R., Baldensperger, T., Raupbach, J., Höhn, A. (2021). Protein oxidation-formation mechanisms, detection and relevance as biomarkers in human diseases. Redox Biology, 42, 101901 p. DOI:10.1016/j.redox.2021.101901

16. Khurana, A., Tekula, S., Saifi, M. A., Venkatesh, P., Godugu, C. (2019). Therapeutic applications of selenium nanoparticles. Biomedicine & Pharmacotherapy, 111, pp. 802–812. DOI:10.1016/j.biopha.2018.12.146

17. Kononenko, V.K., Ibatullin, I.I., Patrov, V.S. (2000). Workshop on the basics of scientific research in animal husbandry. Kyiv, 96 p. (In Ukrainian).

18. Koshti, B., Kshtriya, V., Singh, R., Walia, S., Bhatia, D., Joshi, K.B., Gour, N. (2021). Unusual Aggregates Formed by the Self-Assembly of Proline, Hydroxyproline, and Lysine. ACS Chemical Neuroscience, 12 (17), pp. 3237–3249. DOI:10.1021/acschemneuro.1c00427

19. Lowry, O.H., Rosenbrough, N.I., Farr, A.R. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193 (1), pp. 265−275.

20. Lukanov, H. (2019). Domestic quail (Coturnix japonica domestica), is there such farm animal?. World's poultry science journal, 75 (4), pp. 547–558. DOI:10.1017/S0043933919000631

21. Akagawa, M. (2021). Protein carbonylation: molecular mechanisms, biological implications, and analytical approaches. Free Radical Research, 55, 4, pp. 307–320. DOI:10.1080/10715762.2020.1851027

22. Nabi, F., Arain, M. A., Hassan, F., Umar, M., Rajput, N., Alagawany, M., Liu, J. (2020). Nutraceutical role of selenium nanoparticles in poultry nutrition: a review. World's Poultry Science Journal, 76 (3), pp. 459–471. DOI:10.1080/ 00439339.2020.1789535

23. Nemati, Z., Ahmadian, H., Besharati, M., Lesson, S., Alirezalu, K., Domínguez, R., Lorenzo, J. M. (2020). Assessment of dietary selenium and vitamin E on laying performance and quality parameters of fresh and stored eggs in Japanese quails. Foods, 9 (9), 1324 p. DOI:10.3390/foods9091324

24. Qu, X., Cai, C., He, J., Wei, Y., Mao, L., Yuan, X., Sun, A. (2014). Effects of selenium yeast and nano-selenium on performance, egg quality, egg selenium content and serum antioxidant indices of quails during the late laying period. Chinese Journal of Animal Nutrition, 26 (3), pp. 732–738.

25. Reitman, S., Frankel, S. (1957). A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. American journal of clinical pathology, 28 (1), pp. 56–63. DOI:10.1093/ajcp/28.1.56

26. Sarmiento-García, A., Sevim, B., Olgun, O., Ahmet-Gökmen, S. (2022). Effects of different inorganic selenium levels in laying quails (Coturnix coturnix japonica) diets on performance, egg quality, and serum biochemical parameters. Veterinaria México OA, 9 p. DOI:10.22201/fmvz.24486760e.2022.1046

27. Simoes, M.S. (1965). A sensitive method for the measurement of serum uric acid using hydroxylamine. The Journal of laboratory and clinical medicine, 65, pp. 665–668. PMID:14279145.

28. Singh, A., Kukreti, R., Saso, L., Kukreti, S. (2019). Oxidative stress: a key modulator in neurodegenerative diseases. Molecules, 24 (8), 1583 p. DOI:10.3390/molecules24081583

29. Sobolev, O.I., Gutyj, B.V., Nedashkivsky, V.M., Sobolieva, S.V., Liskovich, V.A., Tkachenko, S.V., Vus, U.M. (2024). Mathematical justification of the optimal rate of selenium introduction into mixed feed for broiler chickens. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Agricultural sciences, 26 (100), pp. 27–36. DOI:10.32718/nvlvet-a10004

30. Tang, M., Fang, R., Xue, J., Yang, K., Lu, Y. (2022). Effects of Catalase on Growth Performance, Antioxidant Capacity, Intestinal Morphology, and Microbial Composition in Yellow Broilers. Front Vet Sci., 9:802051. DOI:10.3389/fvets. 2022.802051

31. Tsekhmistrenko, O. S., Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, S., Melnichenko, O., Tymoshok, N., Spivak, M. (2019). Use of nanoparticles of metals and non-metals in poultry farming. Animal Husbandry Products Production and Processing, 2, pp. 113–130. DOI:10.33245/2310-9289-2019-150-2-113-130

32. Tsekhmistrenko, S.I., Bityutskyy, V.S, Tsekhmistrenko, O.S., Demchenko, O.A., Tymoshok, N.O, Melnychenko, O.M. Environmental biotechnologies of "green" synthesis of nanoparticles of metals, metal oxides, metalloids and their use. 270 p. (In Ukrainian).

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

34. Yan, L.J. (2009). Analysis of oxidative modification of proteins. Current protocols in protein science, 56 (1), pp. 14–4. DOI:10.1002/0471140864.ps1404s55

35. Zoidis, E., Seremelis, I., Kontopoulos, N., Danezis, G.P. (2018). Selenium-dependent antioxidant enzymes: Actions and properties of selenoproteins. Antioxidants, 7 (5), 66 p**.** DOI:10.3390/antiox7050066

Вплив використання біокон'югатів наноселену разом з пробіотиками на метаболічні показники організму перепелів

Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Харчишин В.М., Мельниченко Ю.О., Тимошок Н.О.

У контексті сучасної індустріалізації птахівництва та зростаючого глобального попиту на перепелину продукцію пошук ефективних способів покращення продуктивності та здоров'я птахів є

надзвичайно важливим. Одним з перспективних підходів є використання біосполук наноселену з пробіотиками для покращення метаболічних параметрів перепелів. Останні дослідження були зосереджені на синтезі наночастинок селену з використанням пробіотиків як екологічно чистої альтернативи у противагу традиційним методам додавання неорганічного селену в корм для перепелів. Перевага цього підходу полягає в отриманні біосумісної та біодоступної форми селену, котра забезпечує птахам можливість ефективно поглинати та використовувати селен для різних фізіологічних процесів.

Досліджено вплив інноваційних кормових добавок, таких як нанокон'югати селену та пробіотики, на різні метаболічні параметри в організмі перепелів. До них належить активність ферментів антиоксидантного захисту, індикатори карбоніл-оксидативного стресу, рівні білкових карбонілів і білковий метаболізм. Додаючи до корму перепелів нанокон'югати селену та пробіотики, спостерігали покращення механізмів антиоксидантного захисту, що призвело до зниження оксидативного стресу та покращення загального стану здоров'я птахів. Крім того, було показано, що покращений метаболізм білка в результаті цих добавок позитивно впливає на продуктивність і якість перепелиної продукції. Підсумуємо, що інвестування у високоякісні кормові добавки, такі як нанокон'югати селену та пробіотики, є стратегічним підходом до підвищення продуктивності та рентабельності птахівництва. Використовуючи переваги нанотехнологій і пробіотиків, фермери можуть оптимізувати здоров'я та продуктивність стада птиці, задовольнити зростаючий попит на перепелину продукцію на вітчизняному ринку.

Ключові слова: біонанотехнології, кон'югати наноселену, біогенний синтез, кверцетин, перепели, кров, печінка, біохімічні показники, окисна модифікація білків.

Copyright: Bityutskyy 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:
Bityutskyy V. https://orcid.org/0000-0002-2699-3974
Tsekhmistrenko S. https://orcid.org/0000-0002-7813-6798
Kharchyshyn V. https://orcid.org/0000-0002-3403-3535
Melnychenko Yu. https://orcid.org/0000-0002-1324-0762
Tymoshok N. https://orcid.org/0000-0002-4207-4492
Melnychenko O. https://orcid.org/0000-0001-5462-508X

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

UDC 632.981:594.3-042.3

Influence of cellulolytic preparation on the productive qualities of snails of the *Helix Aspersa Maxima* species

Glavatchuk V.A., Ogorodnichuk H.M.

Vinnytsia National Agrarian University

E-mail: Glavatchuk V.A. vitylya86@ukr.net; Ogorodnichuk H.M. ohorodnichukhalina@gmail.com

OPEN ACCESS

Главатчук В. А., Огороднічук Г. М. Вплив целюлозолітичного препарату на продуктивні якості равликів виду *Helix Aspersa Maxima*. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 89–96.

Glavatchuk V.A., Ogorodnichuk H.M. Influence of cellulolytic preparation on the productive qualities of snails of the *Helix Aspersa Maxima* species. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 89–96.

Рукопис отримано: 20.03.2024 р.
Прийнято: 02.04.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-89-96

Heliciculture is a branch of animal husbandry that deals with cultivation and using edible terrestrial snails for food and cosmetic purposes. This type of animal husbandry has an advantage over others in terms of simplicity of technology, as snails do not require complex technical equipment and care. In addition, they are unpretentious in feeding and resistant to diseases.

Heliceculture has significant potential for development in Ukraine, as there is already considerable demand for snails in the food and cosmetics market. This industry is also developing rapidly and becoming increasingly popular among farmers and businessmen worldwide.

At the same time, achieving success in snail farming requires specific knowledge and skills. For example, it is essential to choose a suitable cultivation method, ensure optimal keeping and feeding conditions, and adhere to the standards of product storage and processing.

It is also worth considering the specifics of the legislation regulating the breeding and circulation of snails and the possible risks associated with pollution and animal diseases.

An essential aspect of the development of helicopter culture is research and development to improve the quality and quantity of products, as well as the technology for reproduction and keeping snails. Such research should help improve efficiency and make the industry more competitive.

Exploring opportunities to improve the efficiency of nutrient use in snail feed can significantly increase the profitability of production. Enzyme preparations are widely used in heliceculture to enhance the digestion of complex compounds, reduce the negative impact of anti-nutrients, and improve feed conversion. The use of such products in heliculture is reasonable and can have a positive impact on production efficiency.

The direction of complex feeding in heliceculture has not been studied much, and the influence of this cellulolytic drug on the productive qualities of Helix Aspersa Maxima species snails has yet to be clarified.

The results obtained during the study can substantiate the positive aspects of using special preparations to increase snail cultivation efficiency and the use of nutrients in the diet.

The study was conducted to investigate the effect of cellulosolytic enzyme preparation «AGROCELL» on the productivity of snails of the species Helix Aspersa Maxima.

The results of the work showed that the addition of the enzyme preparation «AGROCELL» to the diet increases the absolute increase in live weight of snails by 1.2 g and the chain weight by 0.1-1.1 g.

Key words: snails, industry, enzyme preparation, productivity, feeding, technology, cultivation.

Problem statement and analysis of recent research. The current state of the global development of snail farming and the historical genesis of the formation of snail culture as a full-fledged branch of agriculture are vividly described in the works of foreign scientists, among which it is worth highlighting the scientific results of Apostolou K., Dyal S., Cabaret J. [13, 16, 18].

According to research results by foreign scientists [14, 15, 17] in Western and Central European countries, snail cultivation is profitable due to the constant demand for this product. In this regard, large farms actively breed snails in Western Europe.

In contrast, snail farming has limited opportunities in Ukraine for several reasons. First, Ukrainian consumers need to be used to perceiving snails as a food product. Second, including snail dishes in the menu of restaurants and cafes is risky because they are not popular among a wide range of customers. Third, retail grocery stores are not interested in purchasing snail semi-finished products. As a result, snail farming in Ukraine is mainly an export industry [2].

Heliciculture is a young trend under development in Ukraine and European countries, which are the primary consumers of snail meat. The total demand for this product is estimated at 120,000 tons annually, but it satisfies only 60-65% of the market. It indicates a need for more products, particularly meat from edible snail species [5].

The snail farming has enormous potential, and the international consumer market for snail-related products is growing. Snail processing products, such as snail protein mucin, snail caviar, meat semi-finished products, cellular biomaterials, and dried snail droppings, which have great potential in the international market, are up-and-coming [1, 8].

Analysts estimate that snail farms can be very profitable, with over 100 % profitability due to several factors:

– the niche is relatively narrow, and production volumes in Ukraine are minimal, which leads to the fact that the average market value of snails is higher than other meat products;

- the productivity of snails is excellent - each snail can produce up to 60 individuals per year, and productivity increases exponentially;

- costs for keeping mollusks are small;

- the possibility of obtaining meat and roe (at a price not far behind that of sturgeon) and mucin, a valuable component for cosmetic products [6,10].

The industry's success largely depends on the ease of development and the size of the initial investment, which is influenced by the snail farming format. There are several options for the growing format, including:

1) growing indoors all year round. The ideal option for this format is a hangar-type space with optimal temperature (+20...+23 °C) and humidity (about 85 %).

2) cultivation in enclosures in open spaces. This method works well in regions with mild, warm climates and when using intensive cultivation technology. In spring and summer, as much as possible, the snail herd must be increased to marketable sizes to prepare the snails for wintering.

3) cultivation in greenhouses. This format combines the advantages of a hangar and an open format. Snails are protected from external threats, and temperature and humidity can be flexibly regulated. However, it is unsuitable for winter use [4, 9].

Snails can produce various products such as frozen fillets, canned snails in oil, slime for creams and masks, cooked escargot, delicatessen shells, pâté, and unique caviar.

Commercial breeding of snails remains an attractive direction that can be successfully developed if you approach the matter accordingly and study its specifics. In various regions of Ukraine, there are already successful snail breeding farms, proving the viability of this business idea.

Therefore, scientific and research work to increase product quality and quantity and improve snail reproduction and maintenance technologies is essential to developing heliceculture. Such studies should help increase efficiency and make it more competitive in the market [11].

Investigating opportunities to improve nutrient use efficiency in snail feed can significantly increase production profitability. Enzyme preparations are widely used in heliceculture to enhance the digestion of complex compounds, reduce the negative impact of antinutrients, and improve feed conversion. The use of such drugs within the framework of heliceculture is justified and can positively affect the indicators of production efficiency.

Heliceculture is a branch of animal husbandry that deals with breeding and using edible land snails for food and cosmetic purposes. Snails are a simple and low-maintenance animal to raise, as they don't require any complex equipment or care, are not picky eaters, and are resistant to many diseases [20].

Many of Ukraine's territories have favourable climatic conditions for growing edible snails. Currently, a small number of enterprises and farms are engaged in the technological cultivation of snails. Around 90 % of the snails farmed in Ukraine are exported to European Union countries, while the remaining 10 % are sold domestically. A promising new branch of animal husbandry is emer-

ging in the country, dedicated to cultivating edible snails. This development has the potential to significantly increase the level of snail exports and processed snail products to European countries shortly. This can also affect the formation of the culture of consumption of snail dishes in Ukraine. Accordingly, the demand for these products will increase within the country. In addition, such an industry can create new jobs and contribute to infrastructure development in rural and adjacent areas [3].

Cultivating snails has several advantages compared to traditional animal husbandry. First, snails are an environmentally friendly product that does not contain harmful substances and antibiotics. Second, cultivating snails does not require high costs for maintaining and feeding animals.

One of the main tasks for the development of snail farming in Ukraine is to increase the volume of production and improve the quality of products. For this purpose, it is necessary to provide enterprises engaged in cultivating snails with modern equipment and technologies and provide them with financial support. In addition, it is essential to carry out scientific and research work on improving the genetic potential of animals and developing new feeds and additives that increase the efficiency of snail cultivation [12].

The research aimed to assess the impact of the cellulolytic enzyme preparation «Agrocell» on the productivity of Helix Asperse Maxima snails.

Material and methods of research of young animals (from 1 month) and snails reaching marketable weight in farms with intensive cultivation technology.

- to conduct a theoretical review of the technology of growing snails and prospects for the development of snail culture in Ukraine;
- to experimentally investigate the effect of the enzyme preparation on the productive indicators of snails;
- calculate optimal concentrations when using the drug;
- comprehensively describe the rational technological process of growing snails in Ukraine.

Growing snails requires special attention to feeding conditions, which must be adequate to ensure high quality and productivity. Enzyme preparations are essential when feeding snails. Enzymes help break down complex substances into simpler ones, allowing the body to assimilate useful substances better and reduce feed costs [16].

The main component of «Agrocell» feed enzyme additive is cellulase, which is involved in the enzymatic hydrolysis of glycosidic bonds of non-starch polysaccharides, primarily β-glucans and xylenes contained in plant cell walls. The use of «Agrocell» reduces the viscosity of chyme in the gastrointestinal tract and allows you to split cell walls into smaller molecules.

Adding a feed supplement to the diet improved nutrient digestibility and increased animal absorption and productivity.

The strain Trichoderma longibrachiatum TW-420 BKM F-3880 D, which has not undergone genetic engineering, is a cellulase producer. «Agrocell» enzyme additive is standardised by cellulase activity, which is at least 4000 units/g, and contains xylase activity in 1000 units/g and β-glucanase in 3200 units/g.

«Agrocell» is a stabilized micro granular powder. This allows it to be stored in various conditions, including as an addition to vitamin-mineral premixes of any concentration. It also ensures the drug's stable technological characteristics and high thermal stability during storage.

The enzyme preparation has an optimal granulometric composition and volume density at 0.4-0.5 g/m³, ensuring high homogeneity of its distribution in the feed. This is achieved thanks to a high-quality selective producer and enzyme preparations' unique micro granulation technology. Microgranules quickly dissolve when moistened, and during feed granulation, they form an enzyme-substrate complex that is resistant to high temperatures. Such features of the drug made it possible to use it in feed granulation without increasing the administration dose.

The drug has unique properties, including fermentative activity in a wide pH range - from 2.5 to 7.0- and insensitivity to fungal enzyme inhibitors, usually contained in grain raw materials of compound feed. The recommended dose of the drug is 50-100 g/t of feed and is effective for most rations containing a large amount of barley, oats, processing products, and ingredients with a high fibre content, such as cake and meal. When using «Agrocell», the rations contain up to 40 % wheat, rye and triticale.

The research was conducted based on the farm «Snail Valley» in the city of Zhmerynka, Vinnytsia region, in 2022. The group method was used for the experiments. The control group of young snails was placed in enclosure №3, and the experimental group was placed in enclosure №2 (with a planting density of 300 pieces/m²). The housing and feeding conditions in the equalization period were the same. Still, in the primary period, a biologically active feed additive - cellulolytic enzyme - was added to the feed of the experimental animals (table 1).

Table 1 – **Characterisation of the experimental scheme according to the periods of snail cultivation**

Groups	Number of animals, pcs/m²	Conditions for experimenting by periods	
		compensatory (10 days)	basic (120 days)
Control	300	OR*	OP
Experimental	300	OR*	AR+BAD (cellulose-lytic drug)

*** Note:** OP - is the main ration: a feed mixture including corn, wheat and soybean meal, cake, sunflower oil, salt and chalk.

The monthly feed consumption and consumption rate were recorded to assess the efficacy of an experimental biologically active supplement in commercial snail feed.

With the aid of control weighings of 30 individuals, carried out every decade, the growth intensity of animals and their productivity based on the consumption of a new feed factor were determined. This was achieved by calculating the absolute and relative increase in live weight. At the end of the main period of research, the anatomical parts of commercial snails were determined by separating and separately weighing the bodies and shells of animals to 0.01 g (on analytical scales).

A cellulolytic enzyme preparation is an enzyme that performs the function of a catalyst in the bodies of animals. It is produced at the «Enzym» plant of enzyme preparations (Ladyzhyn, Ukraine).

The drug is supplied in multi-layered paper bags packed in 25 kg. It is recommended to store it in the manufacturer's packaging in a dry place protected from direct sunlight at temperatures from -25°C to +25 °C. The drug's shelf life is one year from the date of manufacture. The optimal values of introducing the drug for adjusting the nutritional level of feed components are given in (table 2).

The use of the drug «Agrocell» has the following advantages:

- the ability to use available and more profitable domestic raw materials for the production of compound feed;
- the ability to increase the digestibility of nutrients from diets that include wheat, oats, barley, triticale and rye;
- the possibility of reducing the cost of the diet due to the increase in the assimilation of nutrients;
- the possibility of improving the quality of products;
- the possibility of improving the sanitary condition of the farm.

The drug «Agrocell» can be used with feed ingredients, medicines, and additives. Although it has not been studied in *Helix Aspersa Maxima* snails, it is safe to operate.

Research results and discussion. The main goal of the research is to establish the effectiveness of cellulolytic enzymes and to study their effect on the digestion and assimilation of feed by the grape snail (*Helix Aspersa Maxima*).

Enzymes improve animal feed assimilation, allowing you to work with various types of rations, use less expensive feed, and get the desired results. However, the effectiveness of enzymes as catalysts depends on many factors, and it is necessary to know their main characteristics and features for their rational use.

Table 2 – **Nutritional value of feed components of the ration per introduction of the drug «Agrocell»**

Feed components	Increase in released exchangeable energy, %	Increase in digestibility of amino acids, %
Rye	3,5	4
Oat	5	4
Barley	5	4
Wheat	5	4
Wheat bran	4,5	5
Triticale	5	4
Corn	5	6
Pea	5	7
Rapeseed meal/cake	6	5
Sunflower meal/cake	5	6
Soybean meal	5	7

Add fiber-degrading enzymes to compound feed. They will be active in the digestive tract and, together with animal enzymes, allow access to valuable nutrients that would otherwise be lost to the body [11].

In addition, wheat, barley, oats, and rye contain a large amount of soluble fibre, which has an anti-nutritive effect. Soluble fibre forms a thick gel in the digestive tract, reducing the activity of the body's enzymes, complicating absorption processes, and increasing the risk of developing pathogenic microbes.

The primary purpose of using a new enzyme additive in growing commercial snails was to increase its growth rate. The dynamics of snail growth were analysed to determine effectiveness. Shields were randomly selected in the feedlot, where the animals congregated during the day. Up to 400 guards are placed in each unit, so 1% (4 shields) were selected and marked. 5-10 snails were randomly chosen from each protection and weighed to the nearest 0.01 gram. The results of the study are presented in (table 3).

According to the data in the table, in the first month after planting young snails in feeding cages, there was no noticeable difference in weight between the control and experimental groups. However, in June, a statistically significant ($p<0.001$) difference in live weight was found in animals from the experimental group, which were heavier by 1.1 g compared to the control group. Later, during rearing, snails given an enzyme supplement had a higher live weight than animals from the control group.

Calculations of absolute and chain increments of snails for the experimental period are given in (table 4).

The material presented in the table shows that commercial snails that received the enzyme preparation with feed had higher absolute gains compared to the control by 1.2 g during the growing period. The chain live weight gains of the snails of the experimental group exceeded the control indicators by 0.1-1,1 g at all stages of research, except for July.

The results of calculating the growth rate of snails are presented in (table 5).

The results of the studies shown in the table provide evidence of a higher baseline rate of snail growth in the experimental group. In addition, analysis of the chain rate of growth showed that the animals that received the enzyme preparation in their diet increased their body biomass faster. This is confirmed by a higher chain growth rate of 30 % in June and 10 % at the end of the growing period compared to the control group.

To get a more accurate picture, relative indicators of the intensity of mass accumulation, such as average daily and relative live weight gain, were calculated since absolute indicators of mass accumulation do not reflect the productive effect of the studied feed factor. Table 6 shows that the snails' live weights increased during the experimental period.

Table 3 – **The dynamics of live weight of snails under the influence of an enzyme preparation,** X ± m, n=30

Month	The live weight of one snail from the group, g		
	control	experimental	deviation (+/-)
May	3,6±0,15	3,6±0,50	0
June	10,2±0,20	11,3±0,1	+1,1
July	13,8±0,53	14,5±0,65	+0,7
August	20,5±1,05	21,8±2,15	+1,3
September	25,9±2,03	27,3±0,95	+1,4

Table 4 – **Absolute and chain increments of snails during feeding enzyme preparation,** X ± m, n=50

Indexes	Groups:		deviation (+/-)
	control	experimental	
Absolute increase, g	24,9±3,05	26,1±1,05	+1,2
- %	-	4,8	
-t_d	-	0,3	
Chain growth by months of cultivation, g:	3,5	3,5	0
May	6,6	7,7	+1,1
June	3,6	3,2	-0,4
July	6,7	7,3	+0,6
August	5,4	5,5	+0,1

Indicators of the chain growth rate of snails in the experimental group in June were 30% higher than in the control group, which indicates a positive effect of the studied biologically active additive on animal productivity.

To assess this effect, the number of snails in experimental and control feeding cages was compared, and the percentage of non-conforming individuals and the weighted mass of commercial products were determined.

The results of the determination of productive parameters and comparison in the control and experimental groups are given in (table 7).

Thus, studies of the productivity of snails have shown that the use of an enzyme preparation has a positive effect on the intensity of accumulation of body weight of animals and the effective use of feed.

Table 5 – **Growth rates of snails during the accounting period for feeding enzyme preparation**

Indexes	Groups:		Deviation (+/-)
	control	experimental	
Basic growth rate	2,59	2,73	+0,14
Chain growth factor:	36	36	0
May	2,8	3,1	+0,3
June	1,4	1,3	-0,1
July	1,5	1,5	0
August	1,2	1,3	+0,1
September	254	273	+14
Basic growth rate, %	3600	3600	0
Chain growth rate, %:	280	310	+30
May	140	130	-10
June	150	150	0
July	120	130	+10

Table 6 – **Increases in live weight of snails during the experimental period**

Indexes	Group:		Deviation (+/-)
	control	experimental	
Average daily growth during the growing period (150 days), g	0,172	0,181	+0,009
Chain daily gain, g: May	0,11	0,11	0
June	0,22	0,26	+0,04
July	0,12	0,10	-0,08
August	0,22	0,24	+0,02
September	0,20	0,19	-0,01
Relative (chain growth rate, %: May	3500	3500	0
June	183,3	213,9	+30,6
July	35,3	28,3	-7,0
August	48,6	50,3	+1,7
September	26,3	25,2	-1,1

Table 7 – **Productivity of snails *Helix Aspersa Maxima***

Indicator	Control group	Experimental group
Mass of 1 snail, g	25,9±2,03	27,3±0,95
Total weight of collected snails, kg/bag	1521,6	1555,2
Mass of non-condensing snails, kg	123,6	114,5
Attrition (of unconditioned individuals), %	8,1	7,4
Weight of conditioned snails, kg/garden	1394	1440,7
Deviation: kg	-	+42,7
%	-	+3,05

Conclusions. Based on the literature review, heliceculture is developing rapidly in Ukraine and the world. The demand for snail products is growing every year, and advanced scientific research must be used to improve cultivation efficiency.

To study the effect of the cellulolytic enzyme on the digestion and assimilation of feed by the grape snail Helix Aspersa Maxima and to evaluate its effectiveness, the conditions of the «Snail Valley» farm in the city of Zhmerynka, Vinnytsia region were used.

«Agrocell» enzyme additive is compatible with all feed ingredients, medicinal preparations, and other feed additives; it was not previously used in heliceculture.

As a result of research on the productivity of commercial snails, it was established that using an enzyme preparation positively affects the intensity of mass accumulation and the efficiency of feed use. During the growing period, commercial snails that received the enzyme preparation with food had higher absolute gains compared to the control by 1.2 g. in the rations of the commercial snail Nelix Aspersa Maxima led to an increase in the percentage of digestibility and bioconversion coefficients of the primary feed nutrients. With the use of the enzyme additive in the rations, there was an increase in the digestibility of feed protein by 3.4 %, fat by 2.1 %, and nitrogen-free extractives by 1 %.

REFERENCES

1. Gural-Sverlova, N. V., Gural, R. I. (2012). Determinant of terrestrial molluscs of Ukraine. Lviv, 216 p. (in Ukrainian).

2. Danilova, I. S. (2022). Geliceculture as a new perspective direction of agriculture in Ukraine. Scientific Bulletin of S.Z. Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Gzhitskyi. Series: Agricultural Sciences. Vol. 24, no. 97, pp. 44–47. DOI:10.32718/nvlvet-a9707 (in Ukrainian).

3. Zubar, I., Onyshchuk, Yu. (2020). Gelice culture as a perspective direction of agricultural production. Innovative economy. no. 7–8, pp. 33–41. DOI:10.37332/2309-1533.2020.7-8.5 (in Ukrainian).

4. Kirovich, N. O., Kirylenko, A. A. Peculiarities of growing grape snails in Odesa farms. 1st International Scientific and Practical Conference of NPP and Young Scientists «Actual Aspects of the Development of Science and Education», April 13-14, 2021, Odesa. pp. 135–137. (in Ukrainian).

5. Martulenko, S. V., Dvornyak, Yu. S. (2020) Geography of industrial cultivation of snails (heliceculture) in Ukraine. Educational scientific dimensions of geography and tourism: materials of the All-Ukrainian scientific and practical internet conference for students, graduate students, young scientists (Poltava, November 18, 2020). Poltava, pp. 66–71. (in Ukrainian).

6. Petropavlovska, S. E. (2019). Evaluation of the infrastructure of the heliculture market and the possibilities of realizing the export potential. Eastern Europe: Economy, Business and Management. Issue 3 (20), pp. 115–120. (in Ukrainian).

7. Snails are winning their niche in animal husbandry. Available at: https://agroportal.ua/ru/blogs/ulitki-zavoevyvayut-svoyu-nishu-v-zhivotnovodstve (in Ukrainian).

8. Snail farm: successful agribusiness with high profitability. Available at: https://agroreview.com/content/ravlykova-ferma-uspishnyj-ahrobiznes-z-vysokoyu-rentabelnistyu/ (in Ukrainian).

9. Snail breeding as a business. Available at:https://snails.com.ua/rozvedennya-ravlykiv-yak-biznes/ (in Ukrainian).

10. Growth in the export of Ukrainian snails to the EU was recorded. Available at: https://www.kmu.gov.ua/news/zafiksovano-zrostannya-eksportu-ukrayinskih-rav likiv-do-yes (in Ukrainian).

11. Shevchuk, V. F., Burlaka, V. A., Kryviy, M. M., Mamchenko, V. Yu. (2011). Safety and sanitary quality of snail meat when they are kept in the conditions of an industrial farm. Bulletin of ZhNAEU. no. 2, Vol. 1, pp. 158–163. (in Ukrainian).

12. Shidlovska, O. B., Ishchenko, T. I., Medvid, I. M., Savega, O. E. (2020). The economic feasibility of creating a snail farm as an additional source of income for a hotel enterprise. Agroworld, Vol. 23, pp. 47–53. DOI:10.32702/2306-6792.2020.23.47 (in Ukrainian).

13. Apostolou, K., Staikou, A., Sotiraki, S., Hatziioannou, M. (2021). An Assessment of Snail-Farm Systems Based on Land Use and Farm Components. Animals, Vol. 11 (2), pp. 1–14. (in Ukrainian).

14. Bouchet, P., Rocroi, J. P. (2005). Classification and nomenclature of gastropod families. Malacologia: International Journal of Malacology, Vol. 47 (1–2), 397 p.

15. Dejean, T. (2016). Snails as bioindicators of soil contamination by trace elements. Chemosphere. Vol. 163, pp. 536–543.

16. Dyal, S. D. (2017). Snail farming for food, fuel and pharmaceuticals. Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 97 (4), pp. 1049–1054.

17. Regulation (ec) no 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. Available at: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:2 26:0022:0082:EN:PDF

18. Cabaret, J., Morand, S., Aubert, C., Yvore, P. (1988). Snail farming: a survey of breeding management, hygiene and parasitism of the garden snail, *helix aspersa*. The material presented in the table shows müller. Journal of Molluscan Studies, Vol. 54, Issue 2, pp. 209–214. DOI:10.1093/mollus/54.2.209

19. The Import Alert for Snails Food and Drug Administration. 2019. Available at:https://www.fda.gov/about-fda/about-website/fdagov-archive

20. World: Snails (Except Sea Snails) - Market Report. Analysis and Forecast to 2025. Available at:https://www.indexbox.io/store/world-snails-except-sea-snails-market-report-analysis-and-forecast-to-2020/

Вплив целюлозолітичного препарату на продуктивні якості равликів виду *Helix Aspersa Maxima*

Главатчук В. А., Огороднічук Г. М.

Описано вплив целюлозолітичного препарату на продуктивні якості равликів виду *Helix Aspersa Maxima*.

На сьогодні геліцекультура – це галузь тваринництва, що займається вирощуванням та використанням їстівних наземних равликів для харчових і косметичних цілей. Цей вид тваринництва має перевагу над іншими завдяки простоті технології, оскільки равлики не потребують складного технічного обладнання і догляду. Крім того, вони невибагливі у годівлі та стійкі до хвороб.

Геліцекультура має значний потенціал для розвитку в Україні, оскільки вже є суттєвий попит на равликів на ринку харчових та косметичних продуктів. У світі ця галузь також розвивається швидко і стає дедалі популярнішою серед фермерів та бізнесменів. Водночас досягнення успіху в равликівництві потребує певних знань та навичок. Наприклад, важливо правильно вибрати метод вирощування, забезпечити оптимальні умови утримання і годівлі, а також дотримуватися стандартів збереження і перероблення продукції. Слід враховувати особливості законодавства, що регулює розведення та обіг равликів, а також можливі ризики, пов'язані із забрудненням та захворюваннями тварин.

Важливою складовою розвитку геліцекультури є науково-дослідна робота у сфері підвищення якості та кількості продукції, а також вдосконалення технологій відтворення і утримання равликів. Такі дослідження мають допомогти підвищити ефективність та зробити її більш конкурентоспроможною на ринку. Вивчення можливостей підвищення ефективності використання поживних речовин у кормах для равликів може суттєво збільшити прибутковість виробництва.

У геліцекультурі широко застосовують ферментні препарати для поліпшення перетравлення складних сполук, зменшення негативного впливу антипоживних речовин та підвищення конверсії кормів. Використання таких препаратів у рамках геліцекультури є обґрунтованим та може позитивно вплинути на показники ефективності виробництва.

Напрям комплексної годівлі у геліцекультурі – малодосліджений, не з'ясовано вплив цього целюлозолітичного препарату на продуктивні якості равликів виду *Helix Aspersa Maxima*.

Результати, отримані в ході дослідження, підтверджують доцільність використання спеціальних препаратів для підвищення ефективності вирощування равликів, збільшення використання поживних речовин раціону.

У роботі проведено дослідження щодо впливу целюлозолітичного ферментного препарату «АГРОЦЕЛЛ» на продуктивність равликів виду *Helix Aspersa Maxima*.

За результатами роботи виявлено, що додавання до раціону ферментного препарату «АГРОЦЕЛЛ» збільшує абсолютні прирости живої маси равликів на 1,2 г та ланцюгові – на 0,1–1,1 г.

Ключові слова: равлики, галузь, ферментний препарат, продуктивність, годівля, технологія вирощування.

Copyright: Glavatchuk V.A., Ogorodnichuk H.M. © 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:
Glavatchuk V.A. https://orcid.org/0000-0002-9794-319X
Ogorodnichuk H.M. https://orcid.org/0000-0002-9008-4927

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

UDK 636.5.084.52:547.1'123:577.12

Properties of silver and copper nanoparticles obtained by the methods of «green» chemistry

Tsekhmistrenko O.

Bila Tserkva national agrarian university

E-mail: tsekhmistrenko-oksana@ukr.net

OPEN ACCESS

Цехмістренко О. С. Властивості наночастинок срібла та міді, отриманих методами «зеленої» хімії. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 97–105.

Tsekhmistrenko O. Properties of silver and copper nanoparticles obtained by the methods of «green» chemistry. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 97–105.

Рукопис отримано: 09.04.2024 р.
Прийнято: 22.04.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-97-105

Significant challenges for the modern international community are population growth and climate change, and the latest technologies are helping to solve them. These include nanotechnologies that are capable of positively influencing the quality of agricultural products, minimising the negative impact of pesticides on the environment and human health, and increasing production productivity and food safety. Nanotechnology helps to minimise waste by producing more efficient products, leading to the development of precision agriculture and efficient resource management. Minimising the production of hazardous substances, reducing energy consumption in green nanotechnology and almost no toxic chemicals make green nanomaterials widely used and desirable in various fields of human activity.

Traditional and new methods for the formation of nanosized materials are considered, with an emphasis on their advantages and disadvantages. Extra- and intracellular ways of nanoparticle formation, as well as ascending and descending methods are described. The aim of the **work** was to establish the possibility of green synthesis of CuO nanoparticles using peppermint and lemon balm extracts.

The plant extracts were prepared by ethanol extraction from the leaves in an extractor. The extract was separated from the plant material by filtering through filter paper. Copper nanoparticles were synthesised by the reduction of copper sulphate in the presence of peppermint or lemon balm extract, which acted as both a reducing agent and a nanoparticle stabiliser.

The paper shows the possibility of synthesising copper oxide nanoparticles by the method using peppermint (*Mentha piperita*) and lemon (*Melissa officinalis L.*) balm leaf extracts. The TEM morphological study of ^{Cu0} metal nanoparticles in the volume of polymeric nanocomposites and those created by the green synthesis method showed that the average size of copper (^{Cu0}) nanoparticles is 3.5 and 12.2 nm, respectively. It was found that the thermo-chemical method of creating nanocomposites is cheap and accessible, but causes the formation of small metal nanoparticles, in contrast to the polymeric nanocomposite created by the green synthesis method, which is environmentally friendly and occurs at low temperatures.

Keywords: nanobiotechnology, nanoparticles, environmentally friendly products, nanoparticles, copper oxide, silver particles

Problem statement and analysis of recent research. Population growth and climate change are significant challenges for the modern international community, which can be solved by the latest technologies. These include nanotechnologies that can positively affect the quality of agricultural products, minimise the negative impact of pesticides on the environment and human health, and increase production productivity and food safety. The unique properties of nanoscale materials contribute to their use in agriculture and related industries, such as nanoparticle-based fertilisers or plant growth promotion. Additionally, the use of fertilisers and pesticides is reduced with the use

of nanoparticle-based carriers and compounds without reducing productivity [6]. Nanotechnology helps to minimise waste by producing more efficient products, leading to the development of precision agriculture and efficient resource management [7]. The goal of developing "green" nanotechnologies, which use biological pathways to synthesise nanomaterials, is to minimise the production of hazardous substances. At the same time, the amount of energy consumed in green nanotechnologies is much lower than in other technologies; almost no toxic chemicals are produced during the synthesis, and their environmental friendliness is very high. Thus, the produced "green" nanomaterials can be widely used in various industries [2].

Depending on the purpose of use, different types of nanomaterials are used, often nanoparticles are used as carriers that gradually release the active ingredient to reduce their overall consumption. The nanomaterials used are selected for their biocompatibility, lack of negative health effects and ability to increase the shelf life of food products. Highly sensitive nanosensors with plasmonic properties (silver or gold nanoparticles) are used to measure environmental conditions and report changes in a timely manner and to intelligently control plant needs [14]. At present, the range of applications of nanotechnology includes nanosensors, tracking devices, targeted delivery of necessary components, food safety, and smart packaging [4; 23].

Several methods are currently available to improve the precise dilution and control of the nanoscale green synthesis process. Nanotechnologies can increase the resistance of materials to degradation, reduce the amount of chemicals used, which leads to a reduction in emissions and related environmental problems. Today, carriers have been developed to increase the connection between plant roots and the surrounding soil structure [5; 28]. Modified nanoparticles added to conventional fertilisers improve the ability of fertilisers to store nitrogen, reduce losses of the element, and improve nutrition to improve product composition. Nanoemulsions have been developed to increase the biological compatibility of herbicides and pesticides [20].

Microorganisms are important nanofactories capable of accumulating and detoxifying heavy metals due to the presence of various reductase enzymes that reduce metal salts to MtNPs [26]. Studies have shown that *Lactobacillus, Bacillus, Pseudomonas, Streptomyces, Klebsiella, Enterobacter, Escherichia, Aeromonas*, etc. are able to synthesise metal nanoparticles [26], and the produced nanoparticles have very good dispersion, stability, and significant lethal activity against pathogens [9]. Bacteria, fungi, yeasts, and microalgae produce MtNPs intra- and extracellularly, producing organic matter inside and transporting it outside their cells [15]. Microorganisms as nanofactories are environmentally friendly, inexpensive and non-toxic, while, compared to physicochemical methods, they do not require much energy for the synthesis of MtNPs. At the moment, the mechanisms of extracellular green synthesis of MtNPs are of great interest, since the extracellular location of the material eliminates the need for expensive and complex subsequent processing steps to recover intracellular nanoparticles [26]. The «green» synthesis of MtNPs using microorganisms, compared to traditional physicochemical methods, offers a faster, more cost-effective, non-toxic and environmentally friendly method for the synthesis of MtNPs with a wide range of sizes, shapes, composition and physicochemical properties [29]. The disadvantages of the synthesis of MtNPs by microorganisms are the complexity of microbial sampling, isolation, cultivation and storage, as well as the subsequent recovery of the obtained nanoparticles [26].

Physical, chemical and biological methods are used for the synthesis of MtNPs. The disadvantages of the first two methods are the use of expensive equipment, high heat and energy consumption, low yield [8; 27], and the use of toxic chemicals [27]. The need for an environmentally friendly option for the synthesis of MtNPs is currently focused on the green synthesis of MtNPs by microorganisms, plants, using microbial enzymes, polysaccharides, and degradable polymers [28; 29], and green synthesis methods are more advantageous than traditional physical and chemical methods due to their simplicity, cost-effectiveness, and the absence of toxic and harmful chemicals.

The applications of MtNPs are innovative and diverse [8, 13]. The synthesis of MtNPs is usually performed using top-down and bottom-up approaches. In bottom-up approaches, bulk materials are broken into nano-sized particles [8, 22], the disadvantage of which is obtaining nanoparticles with an imperfect surface structure, high cost and labor intensity, which is not favourable for large-scale production [22]. In bottom-up approaches, nanoparticles are formed by self-assembly of structures at the atomic and molecular levels, which leads to a more precise size, shape, and molecular composition [8].

The «green» synthesis of MtNPs mediated by microorganisms is characterized by a high growth rate of microbiota, ease of cultivation, the ability to grow in inherent environmental condi-

tions [1], the ability to synthesize metal nanoparticles with a defined shape, size, composition and monodispersity of particles [8; 13]. The mechanism of biosynthesis is carried out by capturing target metal ions from the environment and enzymatically transforming them into elementary form by the mechanism of reduction. The MtNPs production requires special metabolic pathways and cellular enzymes and depends on the ability of microorganisms to transport heavy metals by mimicking the natural process of biomineralization [19]. The intracellular mechanism of MtNPs biosynthesis includes transport systems of microorganisms, in which the cell wall plays an important role due to its negative charge: positively charged metal ions are deposited in negatively charged cell walls through electrostatic interaction. After being transported into the cells of the microorganism, the ions are restored using metabolic reactions mediated by nitrate reductase. The MtNPs formed and accumulated in the periplasmic space can then pass through the cell wall [10].

Extracellular MtNP biosynthesis is also mediated by nitrate reductase synthesis, in which synthesis enzymes are located in the cell wall or secreted from the cell into the growth medium. In this process, nitrate reductase reduces metal ions to metallic forms [19; 10].

MtNP recovery processes by microorganisms depend on the presence of enzymes, proteins, and NADH-dependent enzymes in them [19]. The reduction mechanisms start with electron transfer from NADH by means of NADH-dependent reductases [3], and microbial proteins can act as a stabilizing agent, provide colloidal stability and prevent MtNP agglomeration [19].

For intracellular synthetic approaches, microorganisms are cultivated in a suitable growth medium with favorable pH and temperature conditions [22]. Biomass is harvested after the optimal incubation period, thoroughly washed with sterile water to eliminate potentially unwanted effects of the culture medium, and subsequently incubated with a metal salt solution. An alternative to the intracellular synthesis of MtNPs is the use of cell-free (CF) approaches using culture supernatant or cell-free extracts (CFE) [13]. To do this, the mixture containing the culture medium and biomass is centrifuged, and the supernatant is collected and incubated with an aqueous solution of a metal salt for the synthesis of MtNPs. At the same time, the compounds of the culture medium are used for the synthesis of MtNPs and act as reducing agents and blocking agents. Microorganisms and culture media are removed by repeated washings, and only biomolecules released by cells due to autolysis or starvation conditions mediate the synthesis of MtNPs [1, 13]. In all cell-free processes, the color change of the reaction mixture is often the first sign of nanoparticle synthesis, and the color change depends on the exact nature of the formed MtNPs [1].

The microbial source, reaction temperature, pH, pressure, incubation time, and metal salt concentration affect the synthesis of various MtNPs [3, 11]. Nanoparticles synthesized in the cell are treated with ultrasound or reaction with appropriate detergents to release MtNPs after the destruction of the cell wall [27].

In agriculture, «green-synthesized» MtNPs are used to increase the productivity of agricultural sectors and create nanoscale pesticides, fungicides, biosensors, fertilizers, animal growth and development regulators, as a harmless alternative to antibiotics [3, 30].

The use of biosensors allows to increase the production of high-quality agricultural products due to the ability to quickly identify pathogens and their monitoring and analytical capabilities [18]. Pesticides are used to protect plants from pathogens and insects, to increase yield [17], but the problem is their negative impact on products and human health through the food chain [30].

Nanopesticides are new development for encapsulation of pesticides for controlled release and improvement of selectivity and stability of pesticides [30]. Their advantages are the increased efficiency, durability and reduced amount of the active ingredient required for their formulation [25]. Nanocomposition of pesticides with MtNPs showed a stronger effect against phytopathogens, insects and fungi [17], provide targeted drug delivery, greater bioavailability due to higher solubility and permeability, less doses and controlled release.

The use of probiotic microorganisms for MtNPs production is an environmentally friendly and commercial attractive approach. The non-pathogenicity of probiotics and their ability to grow rapidly, regulating gene expression for the production of various proteins and enzymes involved in MtNPs production are useful in many ways. Lactobacillus and Bifidobacterium are the most popular probiotics used in the production of a wide range of products [3]. Green synthesis of MtNPs, nanoparticles of metal oxide (MONPs) and non-MtNPs probiotics is investigated. The useful effect of probiotics includes a direct effect on living cells and an indirect effect on a number of metabolites. Probiotics also have a negative electric kinetic potential, which is freely attracted by cations as a starting point for the process of nanoparticles biosynthesis.

Lactobacillus tendency to grow even in the presence of oxygen makes them metabolically very viable. Redox potential (rH_2) of bacteria is reduced by adding reducing agents [3], which in the cultural environment to create the necessary conditions can be created by reducing rH_2 for anaerobic conditions in the presence of oxygen or by increasing the pH of the environment for the creation of aerobic conditions in anaerobic environment. Thus, changing different culture medium conditions plays an important role in the biosynthesis of metal nanoparticles and their oxides. Energy efficiency, glucose (which controls rH_2), average ionic value, pH and overall oxidative capacity (rH_2), play an important role in *Lactobacillus strains*. Despite the relatively weak system of detoxification of metals lactobacilli, a slightly acidic pH and the decrease in rH_2 activate membranous oxyidoredctase and the metabolic MtONPs.

Copper is an important trace element that is combined with many proteins and metal enzymes, playing a significant role in metabolism and nutrition. CuNPs also have higher productivity than voluminous copper particles, thanks to the small size and high ratio of the surface to volume, showing antifungal and antibacterial activity against grampositive and gramnegative bacteria and pathogenic fungi [12], including *Fusarium oxyspor. Graminearum* and *Phytophhora Infestans*, act as sprouts and plant growth stimulants at concentrations below 100 ppm. It was reported [28] about the prospect of using *Lactobacillus Casei* of different shapes and size.

Extracellular biosynthesis of spherical CuNPs is reported with size of 5-50 nm in *Streptomyces Griseus* and 3.6–59 nm in endophytic actinomycetes [21].

The study [24] shows the significant antifungal and antibacterial activity of CuNPs, biosynthesized by *Actinomycetes sp*. and isolated from *Convolvulus arvensis*.

CuNPs reduced the formation of ROS by increasing the activity of superoxidimutase and catalase enzymes. In addition, the content of vitamin C, lycopene and phenol increased in the presence of CuNPs, as did the strength of tomato fruits. CuNPs biosynthesized with *Streptomyces Griseus* are effectively used as fungicides [16; 21].

Studies have been conducted on the effect of MtNP size on their toxicity. Although factors as the size, concentration and Zeta-potential of MtNP show different effects on different plants, there is a significant dependence between the size of MtNPs and the degree of toxicity created for the plant: the larger size MtNP is less toxic to plants than smaller ones. At the same time, the concentration of nanoparticles significantly affects their toxicity, in particular, the concentration of more than 0.2 mg/ml CuNPs impairs the growth and physiology of plants [17].

For the synthesis of nanoparticles, different chemical and physical methods are used, of which biosynthetic or green methods play an important role. The synthesis of nanoparticles of copper oxide CuO was not widely investigated, compared to other metals due to the easily oxidized nature of copper, which is enhanced in nanopreparations. Nowadays, a number of scientific works are known, which investigated the synthesis of nanoparticles with the help of extracts of leaves of different plants. **The aim of the research** was to establish the possibility of green synthesis of CuO nanoparticles using *Mentha piperita* and *Melissa officinalis L.* extracts.

Material and methods of research. Among the various nanoparticles of metal oxides, copper oxide CuO nanoparticles are widely used in electronics, air and liquid filtration, the production of ceramics, preservation of wood, fabrics, the creation of biologically active coatings, leather products, films, oils, etc. In addition, nanopowders are successfully used as mineral fertilizers and pesticides.

Dry peppermint (*Menta Piperita*) and *Melissa Officialis L*. leaves were used as vegetable raw materials. Vegetable extracts were prepared by extraction of ethanol from leaves in Soxlet extractor (C. Gerhardt GmbH & Co. KG, Germany). The extract was separated from the vegetable material by filtration through Whatman # 1 filter paper. The filtrate was stored at -18ºC until use in further experiments.

Copper nanoparticles were synthesized with the reaction of restoring copper sulfate in the presence of menta piperita extract or melissa officialis L. extract, which acted as both a reducing agent and a nanoparticle stabiliser.

In a typical synthesis, up to 20 ml of 1% solution of copper sulfate heated to 60ºC, 20 ml of vegetable extract was added to drops with continuous stirring for 2 hours. The color of the solution changed from green to brown. After 2 hours of mixing, a second portion (20 ml) of vegetable extract was added to the drops and heated for another 2 hours. When the colour of the mixture changed to dark brown, the solution was cooled to room temperature and investigated the process of copper nanoparticles by the UV spectroscopy by the SHIMADZU UV-1800 spectrophotometer.

Research results and discussion. Comparing the absorption spectra of copper oxide obtained by ethanol extracts of *Menta Piperita* and *Melissa Officialis L.* with the spectra of the reaction mixture, the appearance of a wide peak in the range

of 285-320 nm, as a manifestation of the phenomenon of surface plasma resonance. Probably because of relatively high polydispersity (variety of shapes and sizes), peak is blurred with maxima at almost the same wavelengths (*Menta Piperita* – 296 nm, *Melissa Officialis L.* – 297 nm). These wavelengths are consistent with the values obtained in experiments with extracts of other plants - 262-310 nm, but differ significantly from the wavelengths characteristic of Cu0 nanoparticles - 536-550 nm, which suggests that CuO nanoparticles are formed as a result of the use of plant extracts and the direct interaction of extracts with a solution of copper salts.

Plant extracts obtained from *Menta Piperita* and *Melissa Officialis L.* successfully played the role of both the reducing agent and the CuO nanoparticles agent. The extracts of the plant provided a simple, less time-consuming and cheap method of synthesis of nanoparticles.

Preparations obtained from vegetable raw materials with pre-obtained nanopreparations based on chitosan-chloride and anionic Na-phosphate starch were compared. The existence in the spectrum of functionalized starch was established when the spectra of the specimens of native and Na-phosphate starch of wax corn, in particular two intense stripes (doublet) for ν = 1305 and 1287 cm^{-1}, characterizing the fluctuations ν = 1101 and 1025 cm^{-1}, indicating the valence vibrations of the P=O groups and the strip (ν = 753 cm - 1) identifies the valence vibrations of the group C–O–P. The indicated absorption strips in the FTIR spectrum of Na-phosphate of starch identify the starch of wax corn, functionalized by Na-tripolyphosphate.

In conducting the analysis of X-ray diffractograms of the initial samples of strong cation (chitosan-chloride) and anionic (Na-phosphate starch) polyelectrolytes found that both samples have an amorphous crystalline structure of different levels of its crystalline. The calculations of this structural parameter showed that the level of crystalline of strong cationic polyelectrolyte is 55%, and strong anion polyelectrolyte – 21%, with a relative error of measurement of the area of diffraction maxima did not exceed 3%.

When comparing X-ray diffractograms of chitosan and chitosan-chloride, it is clear that the protonization of amino groups of this polysaccharide with hydrochloric acid causes a significant change in its amorphous crystalline structure due to the existence of far-speaking (compared to hydrogen) intermolecular Coulomb forces between ionic groups. The calculations found that the relative level of crystalline structure of chitosan and chitosan-chloride is almost the same (Хкр≈55 %), whereas the size of crystallites L (in the direction perpendicular to the registration plane), determined by the Sherryr method, is slightly larger in the volume of strong cationic polyelectrolyte as a result of Coulomb interactions between ionic groups in chitosan-chloride. The calculation of chitosan crystallites was performed at the main discrete diffraction maximum with an angular position equal to 20.0°, with the value $L_{20,0°}$≈4,5 nm. To calculate the size of crystallites in the volume of chitosan-chloride used two intense discrete diffraction maxima at $2\theta_m$=11.0 and 25.0 ° on the X-ray diffractogram of this strong cationic polyelectrolyte. The calculations showed that $L_{11,0°}$=5.0 nm, and L25.0 ° = 7.4 nm, with the average value

The amorphous crystalline structure of chitosan-chloride differs significantly from the amorphous crystalline structure of chitosan. The crystalline structure of chitosan is characterized by the manifestation of the multiplical diffraction maximum with the vertex at $2\theta_m$≈10,0° and unrequited two intense discrete maxima at $2\theta_m$=20,0 and ~21,4°, which are on the background of the imaginary diffuse diffraction $2\theta_m$≈20,3°. The crystalline structure of chitosan-chloride is represented by two intense discrete diffraction maxima with angular position ($2\theta_m$) 11.0 and 25.0° and two low-intensive maximums at 18.2 and 37.6°, with diffraction maxima at $2\theta_m$=18.2 and 25.0° are manifested on the background of the imaginary diffuse diffraction maximum (amorphous halo) at $2\theta_m$~24,0°.

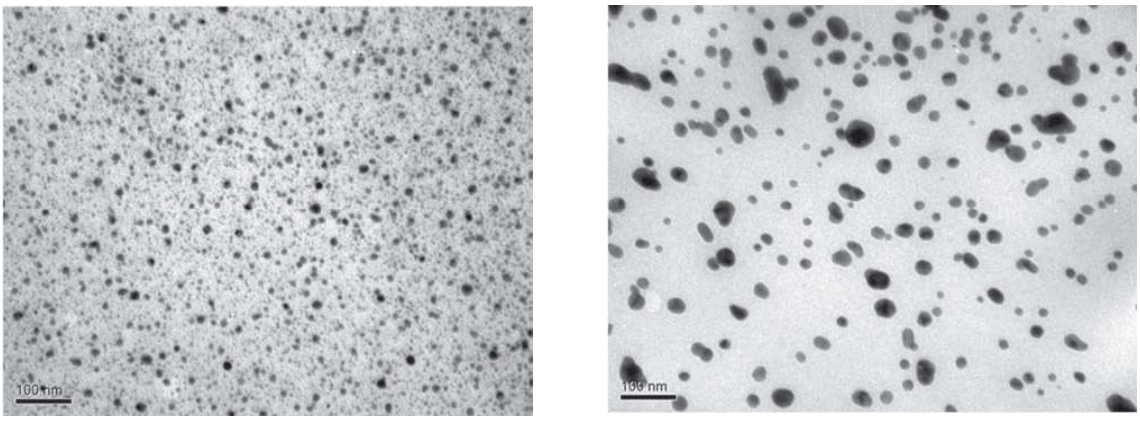
The crystalline structure of Na-phosphate of starch characterizes the manifestation on the X-ray diffractogram of this strong anionic polyelectrolyte (on the background of diffuse diffraction maximum-an amorphous halo with the vertex at $2\theta_m$≈21,4°) of two discrete diffraction at $2\theta_m$=16,2 and 17,8°. The size of the crystallitis size in the volume of Na-phosphate of starch found that L≈7.5 nm. In determining the size of the crystallites of Na-phosphate, starch found that $X_{кр}$≈21 %. Analysis of the X-ray diffractogram of the sample of the stechiometric FEC showed that both strong cationic and anionic polyelectrolytes, and created on their basis, FECs have an amorphous crystalline structure. This is indicated by the manifestation on the X -ray diffractogram of the sample of the FEC of one discrete diffractional maximum at $2\theta_m$=25.1° against the background of the diffuse diffraction maximum (amorphous halo), the vertex of which is 2θ ≈19,4°. Determining the relative level of crystalline of the sample of FECs showed that $X_{кр}$≈14 %. In turn, the calculation of the size of crystallites (L) showed that crystallites in the volume of FECs have a rather small value (3.0 nm).

When comparing X-ray diffractograms of PMC samples containing Ag^+ cations (and NO^- anions) and Cu^{2+} (and SO^{2-} anions) in the volume of cations, both polymer-metal complexes have an amorphous structure, unlike PMC sample. The absence of a crystalline phase in the volume of polymer-metallic complexes is a consequence of the formation of metals of the chelate-macroligand of metals. This is indicated by the manifestation on X-ray diffractograms of PMC samples of two diffuse diffraction maxima (amorphous halo) of varying intensity. In this case, the manifestation of less intense halo at $2\theta_m$≈10,2° and $2\theta_m$≈10.8 ° on the diffractograms of PMK with Ag^+ cations and with cations Cu^{2+}, accordingly, identifies the presence of polymer-metal complexes. A slightly higher intensity of amorphous halo, identifying the existence of chelate-macroligand type complexes in volume of PMK with Cu^{2+} cations compared to the intensity of a similar halo on the Dipractogram of PMK with Ag^+ cations, indicates more cordy-core cots. The main intensity of amorphous halo ($2\theta_m$≈19.4 °), which is manifested on X -ray diffractograms of samples of polymer -metallic complexes, characterizes the amorphous structure of the polymer base, i.e. a stechiometric FEC.

When conducting the analysis of X-ray diffractograms of nanocomposites of the type of polymer-metal based on FECs and metal nanoparticles of silver (Ag^0) and copper Cu^0) obtained by the method of thermo-chemical recovery reduction of Ag^+ and Cu^{2+} cations, as well as reduced Cu^{2+} cations by the green synthesis method it has been found that the polymer matrix (FEC) of nanocomposites has an amorphous structure, while metal nanoparticles of silver and copper are characterized by a similar crystalline structure with the structure of metal and copper metals. This is indicated by the manifestation on X-ray diffracters of nanocomposites containing metal nanoparticles Ag^0 and Cu^0, intense discrete maximum at $2\theta_m$=38.0 and 42.6 ° respectively with angular semiwidth (β=0,027 and 0,041 for AgNPts and CuNPts accordinely). In particular, the calculation of the size of the crystals of metal nanoparticles Ag^0 and Cu^0 in the volume of polymer nanocomposites created by thermal chemical method found that it is 4.1 and 2.8 nm, respectively. However, the size of crystals in the volume of metal nanoparticles Cu^0 polymer nanocomosis created by the method of green synthesis is much larger, as evidenced Diffractogram of this nanocomposition. As the calculation of the size of the crystals in the volume of "green" nanoparticles Cu^0, carried out by Sherrer, the value of L≈7.2 nm.

The research was carried out by the topics of TEM morphology of Cu^0 metal nanoparticles (Fig. 1) in the volume of polymer nanocomposites such as polymer-metal, created by the restoration of cations Cu^{2+} by thermo-chemical method and green synthesis method. It is shown that the average size of copper nanoparticles (Cu^0) is 3.5 and 12.2 nm, respectively.

It was found that the thermal chemical method of restoring metal cations and creating nanoenzymes is cheap and affordable, but the high temperature of recovery of these cations to a metal state causes the formation of small-sized metal nanoparticles, unlike polymer nanocomposition created by the method of green synthesis and occurs at low temperatures.



a **b**

Fig. 1. **TEM microphotographies of Nanocomposites based on FECs and Cu^0 metal nanoparticles created by the restoration of Cu^{2+} thermo-chemical method (A) and the green synthesis method (b).**

Green synthesis of MtNPs using microorganisms is a promising and environmentally friendly approach to agricultural applications such as nanofertilizers, nanopesticides and nanbiosensers [28]. Despite the favorable physical and chemical properties of MtNPs, the complexity of soil crop ecosystems means that the environmental behavior of these nanoparticles is not yet fully predictable after use [29]. Therefore, before its full potential can be exploited, it is necessary to assess the effects and interactions with living systems. At this stage, screening of nanomaterials is important for assessing their potential toxicity and understanding their mechanisms of action to prevent their adverse effects in the future.

MtNPs nano sizes determine many of their beneficial properties, and can also increase their potential adverse effects [28]. MtNPs toxicity is influenced by various factors: solubility and their specificity of binding to biological objects and their individual parts, so there is a need to obtain biocompatible nanomaterials without adverse health and environmental effects.

AgNPs are produced primarily for antiseptic applications and have potential antimicrobial activity against many pathogens, while they are toxic not only for bacteria but also for brain cells, liver and stem cells, which can lead to severe damage [3; 7; 13]. MtNPs are caused by toxicity due to important cellular processes: increasing the level of ROS, reducing the level of intracellular glutathione and reducing the potential of the mitochondrial membrane. AgNPs can adversely affect the cells and embryos of freshwater fish, inhibiting the activity of lactate dehydrogenase and antioxidant enzymes in the liver, causing glutathione depletion and lipid peroxidation in the liver and gills with varying degrees of histological damage in the tissues.

MtNPs can have an adverse effect on agroecosystems [1], in which MtNPs can be included in both direct and indirect pathways. Agricultural MtNPs can reach the soil and atmosphere through leaching, precipitation, air flow and trophic transfer. The interaction between MtNPs and plants leads to numerous physiological, morphological and genotoxic changes that need to be fully understood in order to ensure the effective use of nanotechnology in agriculture. The effect of MtNPs on plants depends on the stage of plant growth, the time of exposure to nanoparticles, the method of adsorption, as well as various physical and chemical properties of the plants themselves. However, some MtNPs has a positive effect on the plant system and can improve seed germination and stimulate growth parameters.

At the cellular level, MtNPs can enter various organelles and interfere with mitochondrial and chloroplast chains. In these cases, they can activate metabolic pathways associated with oxidative stress, which is associated with increased concentrations of reactive oxygen and leads to cyto- and genotoxic effects: damage to the membrane, chlorophyll degradation, vacuole shrinkage, DNA damage and chromosomal aberrations. Excessive MtNPs receipt can cause oxidative outbreaks by preventing electron transfer circuit and disrupting ROS detoxification, which leads to genotoxic effects. As a result, the production of secondary metabolites and phytohormones is damaged and growth retardation occurs [1]. The phytotoxic and side effects of MtNPs include impaired water transfer, reduced photosynthetic rate, reduced growth hormone production, metabolic disorders, increased oxidative stress, chromosomal disorders, reduced growth, transcriptional changes in genes, and hypersensitivity to natural toxins. MTNP can also affect useful plant germs in the surrounding soil when used to control phytopathogens. Microbes are associated with epiphytically and endofitically with plants in the rhizosphere and soils near the root of the plant and can significantly contribute to the growth of plants by fixing nitrogen and phosphate salulator [1]. MtNPs used for plant and soil can have a toxic effect on these useful germs as they have on plants. Impact on soil microbiota can be evaluated by measuring breathing and enzymatic activity in the soil [1].

Thus, thorough experimental studies on studying the long-term effects of MtNPs on plant organisms, MtNPs migration in the food chain and the study of changes caused by nanoparticles, in animal and human organisms are necessary.

Conclusions. Green synthesis technology offers a potentially simple, efficient, pure, non-toxic and environmentally friendly method for MtNPs synthesis and has received much attention in recent years because of its economic prospects. Various microorganisms and plant extracts can be used for effective MtNP biosynthesis. Although MTNP synthesis using plant extracts is simpler than the use of microorganisms, the use of microorganisms to produce MtNP is more economical.

The study shows that copper oxide nanoparticles can be synthesised by a simple and environmentally friendly method using peppermint (*Menta piperita*) and lemon balm (*Melissa officialis L.*) leaf extracts.

The research was carried out by the TEM morphology of Cu^0 metal nanoparticles in the volume of polymer nanocomposites such as polymer-metal, created by the restoration of cations Cu^{2+} thermal chemical method and green synthesis method.

It is shown that the average size of copper nanoparticles (Cu^0) is 3.5 and 12.2 nm, respectively.

It was found that the thermochemical method of restoring metal cations and creating nanocomposites is cheap and affordable, but the high temperature of reduction of these cations to the metallic state causes the formation of small metal nanoparticles, in contrast to the polymeric nanocomposite created by the «green» synthesis method, which is environmentally friendly and occurs at low temperatures.

REFERENCES

1. Ali, M. A., Ahmed, T., Wu, W., Hossain, A., Hafeez, R., Islam Masum, M. M., Li, B. (2020). Advancements in plant and microbe-based synthesis of metallic nanoparticles and their antimicrobial activity against plant pathogens. Nanomaterials, 10 (6), 1146 p.

2. Bartolucci, C., Antonacci, A., Arduini, F., Moscone, D., Fraceto, L., Campos, E., Scognamiglio, V. (2020). Green nanomaterials fostering agrifood sustainability. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 125, 115840 p.

3. Bityutsky, V. S., Tsekhmistrenko, S. I., Tsekhmistrenko, O. S., Tymoshok, N. O., Spivak, M. Y. (2020). Regulation of redox processes in biological systems with the participation of the Keap1/Nrf2/ARE signaling pathway, biogenic selenium nanoparticles as Nrf2 activators. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 11 (4), pp. 483–493.

4. Dasgupta, N., Ranjan, S., Mundekkad, D., Ramalingam, C., Shanker, R., Kumar, A. (2015). Nanotechnology in agro-food: from field to plate. Food Research International, 69, pp. 381–400.

5. Dhillon, N. K., Mukhopadhyay, S. S. (2015). Nanotechnology and allelopathy: synergism in action. J Crop Weed, 11 (2), pp. 187–191.

6. Duhan, J. S., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K., Duhan, S. (2017). Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. Biotechnology Reports, 15, pp. 11–23.

7. Fraceto, L. F., Grillo, R., de Medeiros, G. A., Scognamiglio, V., Rea, G., Bartolucci, C. (2016). Nanotechnology in agriculture: which innovation potential does it have?. Frontiers in Environmental Science, 4, 20 p.

8. Gahlawat, G., Choudhury, A. R. (2019). A review on the biosynthesis of metal and metal salt nanoparticles by microbes. RSC Adv. 9, pp. 12944–12967.

9. Golinska, P., Wypij, M., Ingle, A. P., Gupta, I., Dahm, H., Rai, M. (2014). Biogenic synthesis of metal nanoparticles from actinomycetes: biomedical applications and cytotoxicity. Applied microbiology and biotechnology, 98, pp. 8083–8097.

10. Hulkoti, N. I., Taranath, T. C. (2014). Biosynthesis of nanoparticles using microbes—a review. Colloids and surfaces B: Biointerfaces, 121, pp. 474–483.

11. Jeyaraj, M., Gurunathan, S., Qasim, M., Kang, M. H., Kim, J. H. (2019). A comprehensive review on the synthesis, characterization, and biomedical application of platinum nanoparticles. Nanomaterials, 9 (12), 1719 p.

12. Kasana, R. C., Panwar, N. R., Kaul, R. K., Kumar, P. (2016). Copper nanoparticles in agriculture: biological synthesis and antimicrobial activity. Nanoscience in Food and Agriculture, 3, pp. 129–143.

13. Kato, Y., Suzuki, M. (2020). Synthesis of metal nanoparticles by microorganisms. Crystals, 10 (7), 589 p.

14. Kingsley, J. D., Ranjan, S., Dasgupta, N., Saha, P. (2013). Nanotechnology for tissue engineering: need, techniques and applications. Journal of pharmacy research, 7 (2), pp. 200–204.

15. Mandal, D., Bolander, M. E., Mukhopadhyay, D., Sarkar, G., Mukherjee, P. (2006). The use of microorganisms for the formation of metal nanoparticles and their application. Applied microbiology and biotechnology, 69, pp. 485–492.

16. Mishra, V. K., Kumar, A. (2009). Impact of metal nanoparticles on the plant growth promoting rhizobacteria. Dig J Nanomater Biostruct, 4 (3), pp. 587–592.

17. Mittal, D., Kaur, G., Singh, P., Yadav, K., Ali, S. A. (2020). Nanoparticle-based sustainable agriculture and food science: Recent advances and future outlook. Frontiers in Nanotechnology, 2, 579954 p.

18. Mocan, T., Matea, C. T., Pop, T., Mosteanu, O., Buzoianu, A. D., Puia, C., Mocan, L. (2017). Development of nanoparticle-based optical sensors for pathogenic bacterial detection. Journal of nanobiotechnology, 15, pp. 1–14.

19. Mohd Yusof, H., Mohamad, R., Zaidan, U. H., Abdul Rahman, N. A. (2019). Microbial synthesis of zinc oxide nanoparticles and their potential application as an antimicrobial agent and a feed supplement in animal industry: a review. Journal of animal science and biotechnology, 10, pp. 1–22.

20. Pant, M., Dubey, S., Patanjali, P. K., Naik, S. N., Sharma, S. (2014). Insecticidal activity of eucalyptus oil nanoemulsion with karanja and jatropha aqueous filtrates. International Biodeterioration & Biodegradation, 91, pp. 119–127.

21. Ponmurugan, P., Manjukarunambika, K., Elango, V., Gnanamangai, B. M. (2016). Antifungal activity of biosynthesised copper nanoparticles evaluated against red root-rot disease in tea plants. Journal of Experimental Nanoscience, 11 (13), pp. 1019–1031.

22. Prasad, R. (2019). *Microbial nanobionics*. Springer International Publishing.

23. Rizwan, M. D., Singh, M., Mitra, C. K., Morve, R. K. (2014). Ecofriendly application of nanomaterials: nanobioremediation. Journal of Nanoparticles, pp. 1–7.

24. Saad, E. L., Salem, S. S., Fouda, A., Awad, M. A., El-Gamal, M. S., Abdo, A. M. (2018). New approach for antimicrobial activity and bio-control of various pathogens by biosynthesized copper nanoparticles using endophytic actinomycetes. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 11 (3), pp. 262–270.

25. Shang, Y., Hasan, M. K., Ahammed, G. J., Li, M., Yin, H., Zhou, J. (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: a review. Molecules, 24 (14), 2558 p.

26. Singh, P., Kim, Y. J., Zhang, D., Yang, D. C. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from

plants and microorganisms. Trends in biotechnology, 34 (7), pp. 588–599.

27. Soni, M., Mehta, P., Soni, A., Goswami, G. K. (2018). Green nanoparticles: Synthesis and applications. IOSR J. Biotechnol. Biochem, 4 (3), pp. 78–83.

28. Tsekhmistrenko, O. S., Bityutskyy, V. S., Tsekhmistrenko, S. I., Kharchishin, V. M., Melnichenko, O. M., Rozputnyy, O. I., Onyshchenko, L. S. (2020). Nanotechnologies and environment: A review of pros and cons. Ukrainian journal of ecology, 10 (3), pp. 162–172.

29. Tsekhmistrenko, S. I., Bityutskyy, V. S., Tsekhmistrenko, O. S., Horalskyi, L. P., Tymoshok, N. O., Spivak, M. Y. (2020). Bacterial synthesis of nanoparticles: A green approach. Biosystems Diversity, 28 (1), pp. 9–17.

30. Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S. A., ur Rehman, H., Sanaullah, M. (2020). Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities. Science of the Total Environment, 721, 137778 p.

Властивості наночастинок срібла та міді, отриманих методами «зеленої» хімії

Цехмістренко О. С.

Суттевими викликами для сучасного міжнародного співтовариства є зростання населення та зміни клімату, вирішити які допомагають новітні технології. До таких відносять нанотехнології, здатні позитивно впливати на якість агропродукції, мінімізувати негативний вплив пестицидів на довкілля та здоров'я людини, підвищувати продуктивність виробництва та харчову безпеку. Нанотехнології допомагають мінімізувати відходи, виготовляти ефективніші продукти, сприяють розвитку точного землеробства та ефективного управління ресурсами. Мінімізація виробництва небезпечних речовин, зниження витрат енергії в «зелених» нанотехнологіях та майже відсутність утворення токсичних хімікатів робить «зелені» наноматеріали широко вживаними та бажаними у різних галузях людської діяльності.

Розглянуто традиційні та нові методи утворення нанорозмірних матеріалів, акцентовано увагу на їх перевагах та недоліках. Описано поза- та внутрішньоклітинні шляхи утворення наночастинок, висхідні та нисхідні методи. Безпосередньо метою роботи було встановити можливість «зеленого» синтезу наночастинок CuO за допомогою екстрактів м'яти перцевої та меліси лікарської.

Рослинні екстракти готували шляхом екстракції етанолом з листя в екстракторі. Екстракт відділяли від рослинного матеріалу фільтруванням через фільтрувальний папір. Мідні наночастинки синтезували за допомогою реакції відновлення сульфату міді у присутності екстракту перцевої м'яти або меліси лікарської, який відігравав роль як відновника, так і стабілізатора наночастинок.

У роботі показана можливість синтезу наночастинок оксиду міді за допомогою методу з використанням екстрактів листя м'яти перцевої та меліси лікарської. ТЕМ-морфологічне дослідження металевих наночастинок Cu^0 в об'ємі полімерних нанокомпозитів, створених методом «зеленого» синтезу показало, що середній розмір наночастинок міді (Cu^0) становить 3,5 і 12,2 нм, відповідно. Виявлено, що термохімічний метод створення нанокомпозитів дешевий і доступний, однак спричиняє утворення малих за розміром металевих наночастинок, на відміну від полімерного нанокомпозиту, створеного методом «зеленого» синтезу, який є екологічним, і відбувається за низьких температур.

Ключові слова: нанобіотехнології, наночастинки, екологічно чиста продукція, наночастинки, оксид міді, частинки срібла.

Copyright: Tsekhmistrenko O. © 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. https://orcid.org/0000-0003-0509-4627

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 636.59.033:636.087.8

М’ясна продуктивність перепелів породи Фараон за випоювання біотехнологічною добавкою (суспензія *Chlorella sorokiniana*)

Гришко В.А., Зоценко В.М., Островський Д.М.

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: vetalgwa44@gmail.com

OPEN ACCESS

Гришко В.А., Зоценко В.М., Островський Д.М. М’ясна продуктивність перепелів породи Фараон за випоювання біотехнологічною добавкою (суспензія *Chlorella sorokiniana*). Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 106–115.

Grishko V., .Zotsenko V., Ostrovskiy D. Meat productivity of quail of the Pharaoh breed after drinking a biotechnologicum supplementum (Suspension of *Chlorella sorokiniana*) «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 106–115.

Рукопис отримано: 16.05.2024 р.
Прийнято: 22.05.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-106-115

На сьогодні дедалі більшої популярності у птахівничій галузі набуває використання мікроводоростей в якості кормових добавок. Мікроводорості є багатими на біоактивні метаболіти, продемонстрували потужні антиоксидантні, протизапальні, противірусні властивості. Додавання невеликої кількості такої добавки до традиційного корму позитивно впливає на здоров’я і добробут птиці, а також якість і кількість продукції.

Наведено результати вивчення м’ясної продуктивності перепелів породи Фараон за випоювання суспензією *Chlorella sorokiniana*. Дослідження проведено на перепелах у період вирощування з 1 до 60 доби. Для проведення експерименту з птиці добового віку сформували дві групи (контрольну і дослідну) по 30 голів у кожній. Перепелів утримували у клітках-батареях за дотримання встановлених вимог мікроклімату. Птиця обох груп отримувала комбікорм, розроблений з урахуванням віку і фізіологічних особливостей. З питною водою перепели дослідної групи отримували суспензію хлорели упродовж 60 діб.

Облік поголів’я перепелів та їх зважування проводили щотижнево, починаючи з добового віку. Визначали такі показники: збереженість, динаміку живої маси, середньодобові прирости живої маси. За результатами контрольного забою визначали масу тушки і масу їстівної частини. Забійні якості та морфологічний склад тушок перепелів визначали анатомічним розбиранням із визначенням таких показників: передзабійна маса, маса напівпатраної, патраної тушки, забійний вихід, маса їстівних частин.

Випоювання суспензією хлорели молодняку перепелів підвищувало їх збереженість на 6,7 %, абсолютний приріст – на 31,8 г ($P<0,05$), відповідно. Додавання до питної води суспензії *Chlorella sorokiniana* сприяло зростанню їх передзабійної маси на 31,7 г, патраної тушки – на 22,2 г порівняно з контрольною групою. Тушки перепелів дослідної групи характеризувались вищим виходом їстівних частин порівняно з контролем.

Ключові слова: біотехнологія, суспензія *Chlorella sorokiniana,* біотехнологічні параметри, культивування, фотобіореактор, перепілки породи Фараон, маса тіла, приріст, показники забою, маса патраної тушки, маса внутрішніх органів, вихід їстівних частин.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Підвищений ризик виникнення новоутворень, алергічних реакцій, неврологічних розладів, діабету, ниркової недостатності та серцево-судинних захворювань у людей пов'язують з реакцією клітин на ксенобіотики, які доволі часто наявні у харчових продуктах рослинного і тваринного походження [1]. Контамінація продукції тваринництва екотоксикантами відбувається в процесі виробництва і експлуатації поголів'я товарних стад тварин і птиці. До складу сучасних комбікормів входить багато синтетичних сполук. Натомість споживач віддає перевагу продуктам органічного походження. Нагальна необхідність заміни у раціонах годівлі тварин синтетичних добавок, консервантів, антибіотиків є першочерговим завданням кормовиробництва в екологічному сенсі [2].

Завдяки здатності синтезувати різноманітні поживні і біологічно активні речовини революційний потенціал біотехнології мікроводоростей у харчуванні людини, в отриманні кормів для тварин, фармацевтиці та виробництві біопалива ще недостатньо реалізований [3, 36].

Існує два шляхи споживання мікроводоростей: згодовування біомаси (суспензія, паста, порошок, планктонна культура, гранули) або використання окремих компонентів, екстрагованих культур. Серед багатьох видів мікроводоростей у сільському господарстві найчастіше застосовують *Chlorella sorokiniana.* Хлорели належать до одноклітинних прісно-зелених водоростей. У процесі фотосинтезу, який відбувається в прісній воді, поглинається вуглекислий газ і виділяється кисень. Суспензія хлорели містить живі клітини мікроорганізму і весь спектр водорозчинних метаболітів.

Хлорела вкрита міцною оболонкою, до складу якої входять полісахариди, целюлоза та каротиноїди. Під оболонкою знаходиться цитоплазма, хлоропласт зеленого кольору, вакуоль, крохмальні зерна та поживні речовини як от білки, вуглеводи, ліпіди, поліненасичені жирні кислоти, вітаміни, ферменти. За наявністю вітамінів хлорела перевершує всі корми рослинного походження. Вона також містить набір макро- та мікроелементів, необхідних для повноцінної життєдіяльності організму людей і тварин [4]. Крім того, *Chlorella sorokiniana* – це багате джерело поліненасичених жирних кислот (Ɣ-лінолевої, екозапентаєвої, арахідонової), які є корисними для здоров'я [5].

Додавання до традиційного корму невеликої кількості хлорели, як правило, позитивно впливає на ріст, здоров'я і добробут птиці, покращує імунітет, підвищує якість м'яса та яєць [6], збільшує конверсію корму, забезпечує стійкість до хвороб. Такий позитивний ефект деякі автори пояснюють наявністю у хлорели антиоксидантних властивостей, вмістом природних фітобіотиків, що є альтернативою антибіотикам, а також здатністю поглинати активні форми кисню та пригнічувати синтез протизапальних цитокінів [7].

Біохімічний склад мікроводоростей визначається умовами культивування, генетичними відмінностями штамів культур, особливостями мінерального складу поживного середовища. Тому біологічна активність біомаси, отриманої за різних технологій та умови культивування, потребує подальшої апробації [8, 9].

Наведені вище дані свідчать про перспективність використання мікроводоростей у птахівництві з метою збільшення продуктивності птиці, що обумовлює необхідність більш детального дослідження впливу згодовування *Chlorella sorokiniana* на ефективність виробництва продукції птахівництва.

Мета дослідження – дослідити показники м'ясної продуктивності перепелів породи Фараон за випоювання суспензією хлорели.

Як об'єкт дослідження було обрано перепелів породи Фараон, які вирощуються в штучних умовах і забезпечують населення якісним та екологічно безпечним м'ясом і яйцями. М'ясо перепелів багате на білки з високим умістом незамінних амінокислот, макро- та мікроелементів, вітамінів і водночас низькокалорійне. Воно має ніжну консистенцію, достатню соковитість, приємний аромат, а тому вважається дієтичним, екологічно безпечним продуктом, який користується високим попитом у споживачів. Розведення перепелів є комерційно вигідним і технологічно доцільним [10, 11].

Дослідження в якості біологічної моделі перепелів широко використовують у розвитку науки біології та медицини, при вивченні перебігу деяких хвороб [12, 13].

Матеріал і методи дослідження. Дослід було проведено в умовах ФГ «Миколай» Житомирської області. Із добового молодняку перепелів було сформовано дві групи – контрольну і дослідну по 30 голів у кожній (15 самок і 15 самців). Формування груп-аналогів проводили з урахуванням живої маси птиці та фізіологічних показників – рухливості, оперення, стану пуповини.

Щільність посадки в клітку, параметри мікроклімату, світловий режим, фронт годівлі та основний раціон відповідали встановленим нормам. Корм і воду птиця споживала *ad libitum*.

Починаючи з 1 доби експерименту і до завершення (60 доба), у питну воду дослідної групи додавали виготовлену біотехнологічним методом, згідно з ДСТУ ЕК ISO 8692:2022 EN, суспензію хлорели в концентрації $3x10^6$ клітин/мл.

Напрацювання біомаси хлорели проводили у скляному ферментері за постійного барботування балонним CO_2, який подавали через редуктор по перфорованих силіконових трубках з подальшим розпиленням аератором, розміщеним на дні фотобіореактора з метою рівномірного збагачення вуглекислим газом, а також перемішуванням культури. Температура культивування коливалась в межах 28,5±0,5 °С, що є оптимальним для мезофільних штамів.

Для досягнення високої концентрації клітини *Chlorella sorokiniana* культивували на середовищі, збагаченому макро- та мікроелементами, як це описано [14]. Після культивування суспензію відфільтровували від залишків поживного середовища, промивали дистильованою водою і доводили до концентрації $3x10^6$ клітин/мл, поступово додаючи до осаду клітин дистильовану воду.

Облік поголів'я перепелів та їх зважування проводили щотижнево, починаючи з добового віку. Визначали такі показники: збереженість, динаміку живої маси, абсолютні прирости живої маси за загальноприйнятими методиками [15].

Після завершення експерименту було відібрано по 6 голів перепелів (3 самці і 3 самки) з кожної групи і проведено контрольний забій з подальшим анатомічним розбиранням та обвалюванням тушок, згідно з рекомендаціями [16].

Біометричне оброблення одержаних даних проводили за допомогою програмного забезпечення MS EXEL 2016 за трьох рівнів статистичної значущості: $^*P<0,005$; $^{**}P<0,01$; $^{**}P<0,001$.

Результати дослідження та обговорення. Випоювання суспензією хлорели позитивно вплинуло на збереженість птиці (рис. 1).

Так, у дослідній групі збереженість була вищою порівняно з контролем на 6,7 %. Згідно з даними В.І. Грози, збереженість поголів'я перепелів за період вирощування до 49 діб може коливатись у межах від 68,3 до 95 % [17].

Важливим показником фізіологічного етапу і повноцінності раціону перепелиних є їх жива маса. Аналіз динаміки живої маси (табл. 1) свідчить, що додавання в питну воду суспензії хлорели позитивно впливає на м'ясну продуктивність поголів'я.

Так, на початок досліду, в добовому віці середня жива маса перепелів дослідної і контрольної груп була тотожною і коливалась в межах 9,2 – 9,3 г.

Починаючи з 20 доби вирощування, у птиці дослідної групи жива маса була більшою на 5,6 %, на 30, 40, 50, і 60-у добу зросла, відповідно, на 9,7 % ($P<0,01$), 14,0 % ($P<0,01$), 14,5 % ($P<0,01$), 13,7 % ($P<0,01$) порівняно з аналогічними показниками перепелів контрольної групи. Валовий приріст живої маси за дослід становив у контрольній групі 221,4 г, а в дослідній – 253,2 г, що на 31,8 г вище.

Результати численних досліджень довели, що включення мікроводорості хлорели у раціон тварин може покращити ріст і якість м'яса жуйних тварин, свиней, птиці [8, 18, 19].

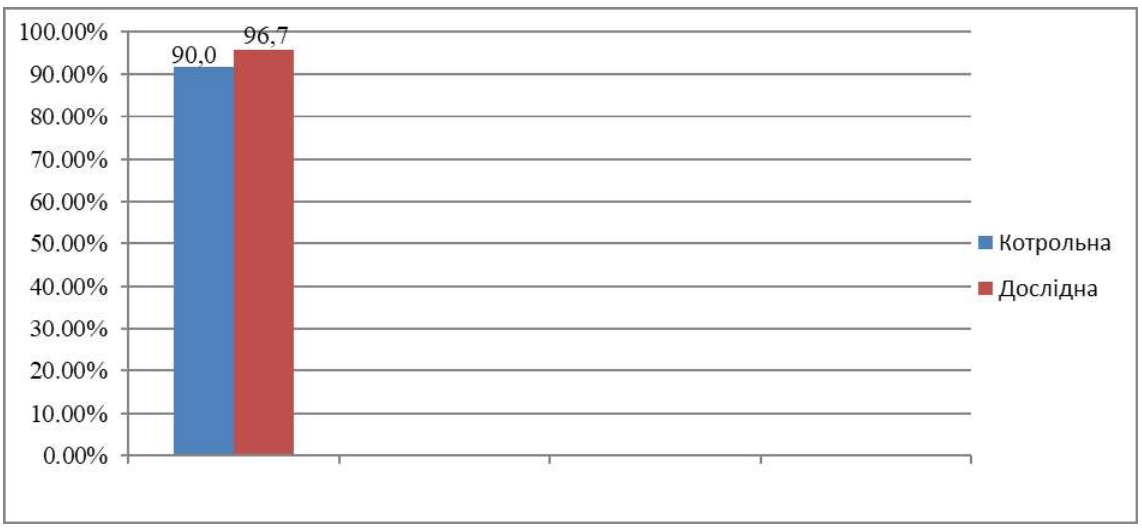


Рис. 1. **Збереженість перепелів за використання суспензії хлорели.**

Аналізуючи показники середньодобових приростів живої маси перепелів (табл. 2), необхідно зазначити, що до 10-добового віку (початок випоювання суспензією хлорели) в обох групах він був на одному рівні. Починаючи з 3-го тижня, відбулося зростання цього показника. Зокрема, з 20 до 30 доби середньодобові прирости у птиці дослідної групи були вищими на 0,87 г, або 9,2 %. У період з 30 до 40-ї доби – на 1,11 г, або 20,7 % (P<0,05), а в проміжок з 40 до 50 доби – на 0,58 г або 17,3 %. З 50 до 60 доби відзначали зниження середньодобового приросту у перепелів дослідної і контрольної груп порівняно з попереднім періодом. Якщо порівнювати середньодобові прирости птиці контрольної і дослідної груп між собою, за станом з 50 до 60 доби, спостерігаємо, що перепели дослідної групи переважали контроль за вище згаданим показником на 0,23 г, або 8,2 %.

Зниження середньодобових приростів, починаючи з 7 тижня вирощування, яке має місце в такому досліді, спостерігали й інші автори [20]. Такий результат можна пояснити періодом статевого дозрівання перепілок і початком яйцекладки. У наукових працях [21, 22] наведено результати, де стверджується, що компоненти хлорели звичайної покращують показники яйцекладки у перепілок і курей-несучок. У контрольній групі більш пізні і менш інтенсивні зміни у репродуктивній системі обумовили більш різке зниження середньодобового приросту живої маси перепелів. Також у наведених вище працях наголошено на позитивному впливі випоювання хлорелою на забійних якостях тушок птиці.

Результати проведеного нами контрольного забою перепелів, наведені в таблиці 3, свідчать, що такі показники як маса тушки після знекровлення, забійний вихід і маса патраної тушки істотно різняться. Аналіз отриманих даних свідчить про позитивний вплив випоювання суспензії хлорели на м'ясну продуктивність перепелів. Відомо, що показники забою прямо корелюють з живою масою птиці перед її забоєм. У нашому досліді передзабійна жива маса перепелів дослідної групи була на 31,7 г, або 12,1 % (P<0,05) вищою, ніж показник контрольної групи.

Таблиця 1 – **Динаміка живої маси перепілок,** г ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Вік, днів	Групи		± до контролю, г
	Контрольна, (n = 30)	Дослідна, (n = 30)	
1	9,3±0,19	9,2±0,15	-0,1
10	26,3±0,35	26,3±0,25	+0,0
20	67,6±0,25	71,4±0,47	+3,8
30	115,2±0,46	127,7±0,65*	+12,5
40	168,9±0,45	192,5±0,38*	+23,6
50	202,5±0,42	231,9±0,44*	+29,4
60	230,7±1,14	262,4±0,87*	+31,7
Валовий приріст за дослід	221,4	253,2	+31,8
% до контролю	100	114,7	14,7

Примітка: *P<0,01 порівняно з контролем.

Таблиця 2 – **Середньодобові прирости живої маси перепелів,** г ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Вік, днів	Групи		± до контролю
	Контрольна, n = 30	Дослідна, n = 30	
1-10	1,70±0,02	1,71±0,02	+0,01
10-20	4,13±0,14	4,51±,012	+0,38
20-30	4,76±0,12	5,63±0,13	+0,87
30-40	5,37±0,17	6,48±0,13*	+1,11
40-50	3,36±0,12	3,94±0,15	+0,58
50-60	2,82±0,11	3,05±0,12	+0,23
В середньому за період досліду	3,69±0,15	4,22±0,14	+0,53

Примітка: *P<0,005 порівняно з контролем.

Таблиця 3 – **Абсолютна та відносна маса неїстівних внутрішніх органів перепелів породи Фараон у % до живої маси** ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Маса	Групи тварин		± до, контролю
	Контрольна n=6	Дослідна n=6	
Передзабійна жива маса, г	230,7±0,82	262,4±0,95*	+31,7
Маса тушки після знекровлення, г	218,7±0,71	248,8±087	+30,1
Маса тушки після знекровлення, у % до передзабійної живої маси	94,8±0,34	94,8±0,39	0
Кров, г	12,0±0,14	13,6±0,21	+1,6
Кров, у % до передзабійної живої маси	5,2±0,09	5,2±0,07	0
Пух та перо, г	8,1±0,27	9,4±0,38	+1,3
Пух та перо, у % до передзабійної живої маси	3,5±0,11	3,6±0,16	+0,1
Непатрана тушка, г	210,6±1,31	239,3±1,16*	+28,7
Непатрана тушка, у % до передзабійної живої маси	91,3±2,54	91,2±2,68	-0,1
Маса патраної тушки	153,6±2,34	175,8±2,48*	+22,2
Забійний вихід, %	66,6±1,23	67,0±1,36	+0,4
Неїстівні частини, г	66,4±0,76	72,4±0,82	+6,0
Всього неїстівних частин, у % до передзабійної живої маси	28,8±0,42	27,6±0,49	-1,2
Голова, г	7,6±0,44	8,9±0,52	+1,3
Голова, у % до передзабійної живої маси	3,3±0,17	3,4±0,29	+0,1
Ноги, г	4,4±0,42	5,0±0,53	+0,6
Ноги, у % до передзабійної живої маси	1,9±0,13	1,9±0,11	0
Кишківник з умістом, г	15,2±0,34	13,4±0,29	-1,8
Кишківник з умістом, у % до передзабійної живої маси	6,6±0,21	5,1±0,18	-1,5
Зоб зі стравоходом, г	1,8±0,02	2,4±0,03	+0,6
Зоб зі стравоходом, у % до передзабійної живої маси	0,8±0,07	0,9±0,11	+0,1
Жовчний міхур, г	0,28±0,02	0,34±0,03	+0,06
Жовчний міхур, у % до передзабійної живої маси	0,12±0,01	0,13±0,01	+0,02
Селезінка, г	0,3±0,01	0,3±0,02	0
Селезінка, у % до передзабійної живої маси	0,13±0,01	0,12±0,01	-0,01
Трахея, г	0,28±0,08	0,37±0,06	-0,09
Трахея, у % до передзабійної живої маси	0,12±0,01	0,14±0,01	+0,02
Залозистий шлунок з умістом, г	2,4±0,07	2,4±0,07	0
Залозистий шлунок з умістом, у % до передзабійної живої маси	1,02±0,01	0,92±0,01	-0,1
Яйцепровід, матка, фолікули, г	6,9±0,34	8,4±0,47	+1,5
Яйцепровід, матка, фолікули, у % до передзабійної живої маси	3,0±0,11	3,2±0,14	+0,2
Сім'яники, г	2,8±0,11	3,1±0,09	-0,3
Сім'яники, у % до передзабійної живої маси	1,2±0,02	1,2±0,02	0
Кістки, г	21,9±1,14	24,4±0,97	+2,5
Кістки, у % до передзабійної живої маси	9,5±0,17	9,3±0,22	-0,2
Кістки шиї із залишками м'язів, г	2,5±0,06	3,4±0,09	+0,9
Кістки шиї із залишками м'язів, у % до передзабійної живої маси	1,11±0,02	1,3±0,01	-0,19

Примітка: *P<0,005 порівняно з контролем.

Так, після знекровлення маса тушок у дослідній групі була на 30,1 г більшою за контроль, але при цьому порівняно з передзабійною масою у % цей показник був ідентичним контролю. Отже, разом зі зростанням живої ваги в тілі дослідної птиці спостерігали пропорційне зростання і кількості крові в межах фізіологічної норми, але цей показник був статистично незначущим.

Таку саму тенденцію спостерігали і щодо кількості пуху та пера в обох групах, а тому відсоток виходу непатраної тушки в обох групах майже не різнився.

Відповідно до змін передзабійної маси, змінювалась маса тушки після знекровлення, і патраних тушок. Так, випоювання суспензією хлорели сприяло зростанню маси тушки після знекровлення на 13,7 %, непатраної тушки, відповідно, на 13,6 %, (P<0,05) та патраної тушки – на 14,4 %, (P<0,05).

Зростання маси тушок дослідної групи було обумовлене кращим розвитком м'язів грудини і гомілки (табл. 4). Так, тушки перепілок дослідної групи мали масу грудних м'язів 79,8 г, а м'язів тазової кінцівки – 38,0 г, що на 10,1 г (P<0,05) і 4,8 г, відповідно, переважало показники контрольної групи. Про збільшення м'язів грудини і стегна за використання суспензії хлорели повідомляли й інші науковці [20].

За масою внутрішніх органів перепелів суттєвих відмінностей між групами не виявлено, але зберігалась тенденція до їх зростання в дослідній групі в межах фізіологічної норми.

Для більш об'єктивної оцінки показників забою перепелів визначали вихід продуктів забою, адже найціннішим показником тушки є її їстівна частина. Анатомічне розділення досліджуваних тушок перепелів показує, що вихід їстівних частин у представників дослідної групи був достовірно вищим на 22,7 г або 15,7 % (P<0,05). Дослідженнями встановлено, що зростання виходу їстівних частин відбувається переважно за рахунок збільшення маси грудних м'язів і м'язів тазових кінцівок на 14,5 % (P<0,05), відповідно. Зростання виходу їстівних частин, зокрема, м'язів грудини і стегна можна пояснити наявністю в суспензії хлорели високих концентрацій амінокислот як от лізин, який, за даними [24], сприяє зростанню їх маси.

Таблиця 4 – **Абсолютна та відносна маса їстівних внутрішніх органів перепелів породи Фараон у % до живої ваги** ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Маса	Групи тварин		± до, контролю
	Контрольна n=6	Дослідна n=6	
Передзабійна жива маса, г	230,7±0,82	262,4±0,95*	+31,7
Їстівні частини, г	144,2±0,61	166,9±0,83*	+22,7
Їстівні частини, у % до передзабійної живої маси	62,5±0,22	63,6±0,35	+1,1
М'язи грудні, г	69,7±1,26	79,8±1,12	+10,1
М'язи грудні, у % до передзабійної живої маси	30,2±0,96	30,4±0,78	+0,2
М'язи тазових кінцівок, г	33,2±1,19	38,0±0,96	+4,8
М'язи тазових кінцівок, у % до передзабійної живої маси	14,4	14,5	+0,1
Шкіра з підшкірним і внутрішнім жиром, г	25,1±0,64	28,9±0,57	+3,8
Шкіра з підшкірним і внутрішнім жиром, у % до передзабійної живої маси	10,9±0,23	11,0±0,16	+0,1
М'язовий шлунок (без кутикули), г	5,3±0,08	6,8±0,11	+1,5
М'язовий шлунок (без кутикули), у % до передзабійної живої маси	2,3±0,02	2,6±0,02	+0,3
Легені, г	2,1±0,07	2,6±0,09	+0,5
Легені, у % до передзабійної живої маси	0,9±0,01	1,0±0,01	+0,1
Нирки, г	1,6±0,03	2,1±0,04	+0,5
Нирки, у % до передзабійної живої маси	0,7±0,01	0,8±0,01	+0,1
Печінка, г	5,3±0,37	6,01±0,31	+0,7
Печінка, у % до передзабійної живої маси	2,3±0,05	2,3±0,07	0
Серце, г	1,8±0,03	2,6±0,05	+0,8
Серце, у % до передзабійної живої маси	0,8±0,02	1,0±0,03	+0,2

Примітка: *P<0,005 порівняно з контролем.

Показники виходу неїстівних частин у дослідній групі не мали достовірних відмінностей від контрольної групи, мали тенденцію до зростання.

За комплексом ознак, які є визначальними для характеристики м'ясної продуктивності птиці (жива маса, середньодобові прирости, м'ясні якості), перепели дослідної групи мали кращі показники.

У результаті проведених досліджень встановлено, що випоювання суспензією хлорели не впливало на органолептичні показники тушок (табл. 5).

му досліді, спостерігали й інші автори [25, 26, 27], що суперечить результатам, отриманим у роботі [28, 29]. Такі розбіжності даних щодо впливу мікроводоростей на продуктивність росту можуть бути пов'язані з їх видовими особливостями, середовищем існування, умовами вирощування (температура, освітлення) і методами очищення від залишків поживного середовища, що призводить до змін хімічного складу мікроводоростей *Chlorella sorokiniana*. Значний вплив на результати біологічної активності мікроводоростей здійснює рівень їх включення до раціону [28, 30].

Таблиця 5 – **Органолептична оцінка тушок перепелів** ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Показник	Групи тварин	
	Контрольна n=6	Дослідна n=6
Зовнішній вид і колір дзьоба	Глянцевий	Глянцевий
Очне яблуко	Випукле, блискуче	Випукле, блискуче
Поверхня тушки	Суха, жовтувато-сіра з рожевим відтінком	Суха, жовтувато-сіра з рожевим відтінком
Підшкірний жир	Блідо-жовта	Блідо-жовта
Запах	Притаманний свіжому м'ясу перепелів	Притаманний свіжому м'ясу перепелів
Консистенція	М'язи пружні, щільні	М'язи пружні, щільні
Прозорість та аромат бульйону	Ароматний, прозорий, з крупними жировими краплинами на поверхні	Ароматний, прозорий, з крупними жировими краплинами на поверхні
Рн, при 36,6 ^{0}С	5,72±0,38	5,75±0,35

Не було встановлено статистично значущих відмінностей за сенсорного порівняння окремих частин тушок перепілок контрольної і дослідної груп, також не встановлено різниці під час приготування з них бульйону та визначення зміни його Ph за температури 36,6 ^{0}С.

Незважаючи на давню історію використання суспензії хлорели як стимулятора продуктивності тварин і птиці, механізм її дії на молекулярно-клітинному рівні не встановлено остаточно.

Зростання м'ясної продуктивності під впливом суспензії хлорели, отримане у нашо-

Незважаючи на велику кількість робіт, спрямованих на вивчення стимулюючої дії мікроводоростей на організм птиці, механізм цих процесів на молекулярно-клітинному рівні не встановлено. Отримані дані, за допомогою яких хлорела звичайна впливає на продуктивність птиці, неоднозначні. Одні з них [31, 32, 33] свідчать, що підвищення продуктивності птиці є наслідком зростання імунореактивності організму. Інші джерела [27, 34, 35,] вказують на активацію антиоксидантних ферментів, що позитивно впливає на зростання абсолютного і відносного показників приросту живої маси.

Висновки.

Випоювання суспензією хлорели молодняку перепелів породи Фараон протягом 60-ти діб сприяє поліпшенню їх збереженості на 6,7 %, а також підвищує живу масу і середньодобовий приріст, відповідно, на 31,7 г і 0,53 г.

Додавання до питної води перепелів м'ясного напряму продуктивності суспензії *Chlorella sorokiniana* сприяє зростанню їх передзабійної маси на 31,7 г, патраної тушки на – 22,2 г порівняно з контрольною групою.

Тушки перепелів дослідної групи характеризуються вищим виходом їстівних частин на 15,7 % за рахунок збільшення переважно грудних м'язів та м'язів тазових кінцівок порівняно з контролем.

Випоювання суспензією хлорели *Chlorella sorokiniana* перепелів породи Фараон впродовж 60-ти діб не впливає на якість тушок та показники якості бульйону, приготовленого з них, порівняно з контролем.

REFERENCES

1. Paithankar, J. G., Saini, S., Dwivedi, S., Sharma, A., Chowdhuri, D. K. (2021). Heavy metal associated health hazards: An interplay of oxidative stress and signal transduction. Chemosphere. Vol. 262:128350. DOI:10.1016/j.chemosphere.2020.128350. PMID: 33182141.

2. Lourenço, S. C., Moldão-Martins, M., Alves, V. D. (2019). antioxidants of natural plant origins: from sources to food industry applications. Molecules. Vol. 24 (22), 4132 p. DOI:10.3390/ molecules24224132

3. Yasko, V., Petrenko, S., Kirovych, N., Sidashova, S. (2021). Innovative natural biostimulants in the production of chicken eggs without antibiotics. Agrarian Bulletin of the Black Sea Coast, Vol. 98, pp. 122–128. DOI:10.37000/abbsl.2021.98.20. (In Ukrainian).

4. Andrade, L., Andrade, C., Dias, M., Nascimento, C., Mendes, M. (2018). Chlorella and spirulina microalgae as sources of functional foods, nutraceuticals, and food supplements; an overview. MOJ Food Process Technol., Vol. 6:00144. DOI:10.15406/mojfpt.2018.06.00144.

5. Abdelnour, S. A., Sheiha, A. M., Taha, A. E., Swelum, A. A., Alarifi, S., Alkahtani, S., Ali, D., AlBasher, G., Almeer, R., Falodah, F. (2019). Impacts of enriching growing rabbit diets with chlorella vulgaris microalgae on growth, blood variables, carcass traits, immunological and antioxidant indices. Animals. No. 9, 788 p. DOI:10.3390/ani9100788

6. Madeira, M. S., Cardoso, C., Lopes, P. A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N. M., Prates, J. A. M. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. Livestock Science. Vol. 205, pp. 111–121, ISSN 1871-1413, DOI:10.1016/ j.livsci.2017.09.020

7. Abdeen, A., Elsabagh, R., Elbasuni, S. S., Said, A. M., Abdelkader, A., El-Far, A. H., Ibrahim, S. F., Mihaela, O., Fericean, L., Abdelfattah, A. M., El-Hewaity, M., Elbarbary, N., Kadah, A. Y., Ibrahim, S. S. (2023). Microalgae (Chlorella vulgaris) attenuates aflatoxin-associated renal injury. Front Pharmacol. Vol. 14:1291965. DOI:10.3389/fphar.2023.1291965. PMID: 38205372; PMCID: PMC10777483

8. Saadaoui, I., Rasheed, R., Aguilar, A., Cherif, M., Jabri, A. l, Sayadi, H. S., Manning, S. R. (2021). Microalgal-based feed: promising alternative feedstocks for livestock and poultry production. J Anim Sci Biotechnol. Vol. 12 (1), 76 p. DOI:10.1186/s40104-021-00593-z

9. Barkia, I., Saari, N., Manning, S. R. (2019). Microalgae for high-value products towards human health and nutrition. Mar Drugs. Vol. 17 (5), 304 p. DOI:10.3390/md17050304

10. Santhi D., Kalaikannan A. (2017). Japanese quail (Coturnix coturnix japonica) meat: characteristics and value addition. World's poultry science journal. Vol. 73. pp. 337–344. DOI:10. 1017/S004393391700006X

11. Lukanov, H. (2019). Domestic quail (Coturnix japonica domestica), is there such farm animal? World's poultry science journa, Vol. 75, pp. 547–558. DOI:10.1017/S0043933919000631

12. Huss, D., Poynter, G., Lansford, R. (2008). Japanese quail (Coturnix japonica) as a laboratory animal model. Lab Anim (NY). Vol. 37 (11), pp. 513–519. DOI:10.1038/laban1108-513. PMID:18948991.

13. Zotsenko, V. M., Bitiutskyi, V. S., Ostrovskyi, D. M., Andriichuk, A. V. (2021). Meat performance of quail after drinking nanocrystalline cerium dioxide. Collection of scientific works «Technology of production and processing of animal husbandry products». No. 1, pp. 57–64. (In Ukrainian).

14. Bilous, O. P., Nezbrytska, I. M., Klochenko, P. D., Kirpenko, N. I. (2018). Collection of cultures of microalgae NRDP. Kyiv, 36 p. (In Ukrainian).

15. Ibatulin I. I. (2017). Methodology and organization of scientific research in animal husbandry. Kyiv: Agrarian Science, 327 p. (In Ukrainian).

16. Sobolev, O. I., Nedashkivskyi, V. M., Petryshchuk, R. A. (2022). Methodology and organization of scientific research in animal husbandry: a study guide. Bila Tserkva: LLC «Bilotserkivdruk», 256 p. (In Ukrainian).

17. Hroza, V. I. (2015). Improvement of technological methods of production of quail products: autoref. thesis Ph.D. s.-g. sciences: 06.02.04. Mykolaiv, 151 p. (In Ukrainian).

18. Madeira, M. S., Cardoso, C., Lopes, P. A., Coelho, D., Afonso, C. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. Livest. Sci., 205, pp. 111–121. DOI:10.1016/j. livsci.2017.09.020.

19. Dineshbabu, G., Goswami, G., Kumar, R., Sinha, A., Das, D. (2019). Microalgae–nutritious, sustainable aqua-and animal feed source. Journal of Functional Foods, 62, 103545 p.

20. Mirzaie, S., Sharifi, S. D., Zirak-Khattab, F. (2020). The effect of a Chlorella by-product dietary supplement on immune response, antioxidant status, and intestinal mucosal morphology of broiler chickens.

J. Appl. Phycol., Vol. 32, pp. 1771–1777. DOI:10.1007/s10811-020-02093-5

21. Murakami, A. E., Ariki, J. (1998). Produção de codornas japonesas. Jaboticabal: FUNEP, 79 p.

22. Oh, S. T., Zheng, L., Kwon, H.J ., Choo, Y. K., Lee, K. W., Kang, C. W., An, B. K. (2015). Effects of dietary fermented Chlorella vulgaris (cbt(®)) on growth performance, relative organ weights, cecal microflora, tibia bone characteristics, and meat qualities in pekin ducks. Asian-Australas J Anim Sci., Vol. 28 (1), pp. 95–101. DOI:10.5713/ajas.14.0473

23. Anjalai, K., Revathi, K., Vidhya, G., Sundaravalli, K. (2020). Effect of dietary supplementation of Chlorella vulgaris (green microalgae) on egg quality characteristics of Japanese quail. Annals of the Romanian Society for Cell Biology. Vol. 24, Issue 1, pp. 51–55. Available at:https://annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/9629

24. Baltazar, M. T., Dinis-Oliveira, R. J., Martins, A., de Lourdes Bastos, M., Duarte, J. A., Guilhermino, L., Carvalho, F. (2013). Lysine acetylsalicylate increases the safety of a paraquat formulation to freshwater primary producers: A case study with the microalga Chlorella vulgaris Aquat. Toxicol. Vol. 146, pp. 137–143. DOI:10.1016/j.aquatox.2013.10.034

25. Kang, H., Park, S., Kim, C. (2017). Effects of dietary supplementation with a chlorella by-product on the growth performance, immune response, intestinal microflora and intestinal mucosal morphology in broiler chickens. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. Vol. 101, pp. 208–214. DOI:10.1111/jpn.12566

26. Rezvani, M., Zaghari, M., Moravej, H. (2012). A survey on Chlorella vulgaris effect's on performance and cellular immunity in broilers. Int. J. Agric. Sci. Res. Vol. 3, pp. 9–15.

27. Sikiru, A. B., Arangasamy, A., Alemede, I. C., Guvvala, P. R., Egena, S. A., Ippala, J. R., Bhatta, R. (2019). Chlorella vulgaris supplementation effects on performances, oxidative stress and antioxidant genes expression in liver and ovaries of New Zealand White rabbits. Heliyon. Vol. 5 (9):e02470. DOI:10.1016/j.heliyon.2019.e02470

28. Cabrol, M. B., Martins, J. C., Malhão, L. P., Alves, S. P., Bessa, R. J., Almeida, A. M., Raymundo, A., Lordelo, M. (2022). Partial replacement of soybean meal with Chlorella vulgaris in broiler diets influences performance and improves breast meat quality and fatty acid composition. Poult. Sci. Vol. 101:101955. DOI:10.1016/j.psj.2022.101955

29. Abdelnour, S. A., Sheiha, A. M., Taha, A. E., Swelum, A. A., Alarifi, S., Alkahtani, S., Ali, D., Al. Basher, G., Almeer, R., Falodah, F., Almutairi, B., Abdel-Daim, M. M., Abd El-Hack, M. E., Ismail, I. E. (2019). Impacts of Enriching Growing Rabbit Diets with Chlorella vulgaris Microalgae on Growth, Blood Variables, Carcass Traits, Immunological and Antioxidant Indices. Animals (Basel). Vol. 9 (10), 788 p. DOI:10.3390/ani9100788

30. Coudert, E., Baéza, E., Berri, C. (2020). Use of algae in poultry production: A review. World's Poult. Sci. J., Vol. 76, pp. 767–786. DOI:10.1080/00439339.2020.1830012

31. Kang, H., Park, S., Kim, C. (2017). Effects of dietary supplementation with a chlorella by-product on the growth performance, immune response, intestinal microflora and intestinal mucosal morphology in broiler chickens. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., Vol. 101, pp. 208–214. DOI:10.1111/jpn.12566

32. Martins, C. F., Ribeiro, D. M., Costa, M., Coelho, D., Alfaia, C. M., Lordelo, M., Almeida, A. M., Freire, J. P. B., Prates, J. A. M. (2021). Using Microalgae as a Sustainable Feed Resource to Enhance Quality and Nutritional Value of Pork and Poultry Meat. Foods. Vol. 10 (12), 2933 p. DOI:10.3390/foods10122933

33. Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P. Y., Vaca-Garcia, C. (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of Chlorella vulgaris: A review. Renew. Sustain. Energy Rev. Vol. 35, pp. 265–278. DOI:10.1016/j.rser.2014.04.007

34. Nabi, F., Arain, M. A., Rajput, N., Alagawany, M., Soomro, J., Umer, M., Soomro, F., Wang, Z., Ye, R., Liu, J. (2020). Health benefits of carotenoids and potential application in poultry industry: A review. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., Vol. 104, pp. 1809–1818. DOI:10.1111/ jpn.13375

35. El-Bahr, S., Shousha, S., Shehab, A., Khattab, W., Ahmed-Farid, O., Sabike, I., El-Garhy, O., Albokhadaim, I., Albosadah, K. (2020). Effect of dietary microalgae on growth performance, profiles of amino and fatty acids, antioxidant status, and meat quality of broiler chickens. Animals (Basel). Vol. 10 (5), 761 p. DOI:10.3390/ani10050a

36. Hryshko, V. A., Andriichuk, A. V., Malyna, V. V., Zotsenko, V. M., Ostrovskyi, D. M. (2023). Biotechnology of cultivation and study of biological properties of *Chlorella vulgaris*. Methodological recommendations for the implementation of practical works in the discipline: «Biotechnology of cultivation of hydrobionts» (Module 1) by students of the first bachelor's level of higher education, specialty 162 "biotechnology and bioengineering" of the biological and technological faculty. Bila Tserkva, 36 p. (In Ukrainian).

Meat productivity of quail of the Pharaoh breed after drinking a biotechnologicum supplementum (Suspension of *Chlorella sorokiniana*)

Grishko V., .Zotsenko V., Ostrovskiy D.

Currently, the use of microalgae as feed additives is gaining more and more popularity in the poultry industry. Microalgae are rich in bioactive metabolites that have demonstrated powerful antioxidant, anti-inflammatory, and antiviral properties. Adding a small amount of such an additive to traditional feed has a positive effect on the health and well-being of birds, as well as the quality and quantity of products. The results of the study of meat productivity of quail of the Pharaoh breed after drinking *Chlorella sorokiniana* suspension are given. The research was conducted on quails during the period of cultivation from 1 to 60 days. To conduct the experiment, two groups (control and experimental) of 30 heads each were formed from day-old birds. Quails were kept in vivarium conditions, in battery cages in compliance with established

microclimate requirements. Poultry of both groups received combined feed, developed taking into account age and physiological characteristics. With drinking water, the birds of the experimental group received a chlorella suspension for 60 days. Counting of the quail population and their weighing was carried out weekly, starting from day-old age. The following indicators were determined: preservation, dynamics of live weight, average daily growth of live weight. Based on the results of the control slaughter, the weight of the carcass and the weight of the edible part were determined. Slaughter qualities and morphological composition of quail carcasses were determined by anatomical dissection with determination of the following parameters: pre-slaughter weight, weight of semi-carcasses, carcases of carcases, slaughter yield, weight of edible parts. Drinking chlorella suspension of young quails increased their preservation by 3,83 %, live weight, and absolute growth by 21,0 and 0,57 g (P<0,05), respectively. Addition of *Chlorella sorokiniana* suspension to drinking water of quails contributed to an increase in their pre-slaughter weight by 20,0 g, and their weight by 21,0 g compared to the control group. Quail carcasses of the research group were characterized by a higher yield of edible parts compared to birds that consumed clean water.

Key words: biotechnology, *Chlorella sorokiniana* suspension, biotechnological parameters, cultivation, photobioreactor, quails of the Pharaoh breed, body weight, growth, slaughter parameters, weight of carcass, weight of internal organs, output of edible parts.

Copyright: Гришко В.А., Зоценко В.М., Островський Д.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:
Гришко В.А. https://orcid.org/0000-0002-0340-513X
Зоценко В.М. https://orcid.org/0000-0001-8908-6688
Островський Д.М. https://orcid.org/0000-0002-3901-4667

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 618.1-006.04-092:57.175.64

Ксеноестрогени антропогенного походження в харчових продуктах та їх вплив на здоров'я людини

Димань Т. М.

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: tetyana.dyman@btsau.edu.ua

Димань Т. М. Ксеноестрогени антропогенного походження в харчових продуктах та їх вплив на здоров'я людини. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 116–126.

Dyman T. Xenoestrogens of anthropogenic origin in food products and their impact on human health. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 116–126.

Рукопис отримано: 01.05.2024 р.
Прийнято: 14.05.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-116-126

Антропогенний вплив на біосферу нині набув глобального характеру, наслідком чого стало масивне надходження у навколишнє середовище промислових, сільськогосподарських та побутових відходів. Численні хімічні, фізичні та біологічні речовини, присутні в довкіллі, чинять шкідливий вплив на здоров'я людини. Серед них особливу групу утворюють гормонально активні ксенобіотики – ксеноестрогени. Вони не виробляються організмом, структурно або функціонально пов'язані зі статевим гормоном людини 17β-естрадіолом і зв'язуються з естрогеновими рецепторами з різним ступенем спорідненості та селективності.

У статті узагальнено та проаналізовано дані літератури щодо найпоширеніших синтетичних ксеноестрогенів, які можуть бути присутніми в харчових продуктах і чинити негативний вплив на здоров'я людини. Зокрема, охарактеризовано такі групи речовин, як гормональні препарати, феноли, фталати, пестициди, діоксини та діоксиноподібні речовини, парабени, токсичні метали.

Представлені докази негативного впливу синтетичних ксеноестрогенів на здоров'я людини потребують більш масштабних і клінічно значущих досліджень з визначення впливу хімічних речовин на органи й системи організму людини, а також узагальнення отриманих доказів. Розуміння джерел і масштабів впливу різних ксенобіотиків на навколишнє природне середовище і здоров'я людини необхідне для розроблення комплексних профілактичних заходів.

Ключові слова: антропогенний вплив, ксеноестрогени, токсиканти, харчові продукти, ендокринні розлади.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Антропогенний вплив на життєве середовище впродовж розвитку людської цивілізації постійно посилювався, змінювалися його масштаби та форми прояву. До середини XX століття він набув глобального характеру, наслідком чого стало масивне надходження у зовнішнє середовище промислових, сільськогосподарських та побутових відходів. Нині ми маємо численні докази того, що певні хімічні, фізичні та біологічні речовини, присутні в навколишньому середовищі, чинять шкідливий вплив на здоров'я людини. Подальша індустріалізація нашого суспільства максимізує використання зазначених речовин, загрожує здоров'ю не лише нинішнього, а й майбутніх поколінь.

Ключовим несприятливим впливом на здоров'я, що викликає стурбованість у зв'язку з репродукцією та розвитком людини, є здатність багатьох хімічних речовин негативно впливати на ендокринну систему, зважаючи на свої як естрогенподібні, так і андрогенподібні властивості [58]. Ці речовини порушують нормальну регуляцію ендокринної системи організму; можуть імітувати, блокувати чи модулювати синтез, виділення, транспортування, метаболізм і зв'язування чи елімінацію природних гормонів [8].

Серед гормонально активних ксенобіотиків виділяють підгрупу ксеноестрогенів. Це естрогенподібні сполуки, які не виробляються нашим організмом, структурно або функціонально пов'язані зі статевим гормоном людини

17β-естрадіолом і зв'язуються з естрогеновими рецепторами з різним ступенем спорідненості та селективності. Завдяки взаємодії з естрогеновими рецепторами ксеноестрогени спроможні чинити різні впливи на організм людини, котрі іноді можуть бути корисними для нашого здоров'я, однак зазвичай ці ефекти шкідливі. Вплив ксеноестрогенів на організм людини здебільшого пов'язаний зі споживанням їжі, оскільки ці сполуки можуть бути присутні в харчових продуктах, а також у пакувальних матеріалах чи харчових забруднювачах [47].

Ксеноестрогени можуть бути як природного, так і синтетичного походження. Найпоширеніший клас природних ксеноестрогенів представлено фітоестрогенами. Це сполуки рослинного походження, які виявляють широкий спектр біологічної активності, включаючи естрогенну, і містяться в різних харчових продуктах [48]. Серед природних естрогенів є також мікоестрогени – речовини, що продукуються грибами.

Синтетичні ксеноестрогени – це молекули, отримані шляхом хімічного синтезу. Їх широко використовують у сільському господарстві, фармацевтичній галузі, виробництві різних матеріалів, харчових продуктів і товарів побутового призначення, як-от смоли, текстиль, пластмаси, косметика. Вони можуть також утворюватися як побічні продукти промислових процесів. Численні ксеноестрогени є стійкими органічними забруднювачами (СОЗ) і мають здатність біоакумулюватися в ліпідах. Їх негативний вплив часто проявляється у складних сумішах [8, 47].

Сьогодні широко відомо, що більшість людей постійно зазнають впливу зазначених потенційно небезпечних речовин. Це підтверджується зростанням частоти багатьох ендокринних розладів, зокрема вад розвитку статевих органів, нейроповедінкових розладів та зростанням глобальної захворюваності на рак, пов'язаний з ендокринною системою. У медичній літературі ці речовини називають репродуктивними токсикантами, ендокринними дизрапторами, ендокринними дезінтеграторами [10].

Широке розповсюдження ксеноестрогенів у навколишньому середовищі, особливо в харчовому ланцюгу, а також висока ймовірність їх впливу на здоров'я людини стало проблемою, яку необхідно негайно вирішувати. Численні джерела ксеноестрогенів ще не встановлено через недостатню звітність та інформацію про хімічні речовини в продуктах, матеріалах і товарах, що погіршує поточну ситуацію. Ксеноестрогени часто виявляють у продуктах дитячого харчування, і навіть грудному молоці. Це становить загрозу здоров'ю, оскільки завдяки вищому рівню метаболізму, а також через більшу кількість їжі та напоїв на одиницю маси тіла, порівняно з дорослими, молодь зазвичай піддається більшому впливу хімічних речовин.

З огляду на зазначене вище, система ризик-орієнтованого державного нагляду за безпечністю продуктів має обов'язково включати до контрольно-наглядових заходів ідентифікацію гормоноподібних ксенобіотиків у харчових продуктах. На жаль, в Україні моніторинг за вмістом зазначених речовин як в об'єктах навколишнього природного середовища (повітря, ґрунти, вода), так і в харчових продуктах не здійснюється. Епізодично проводиться контроль за вмістом деяких груп синтетичних ксеноестрогенів у харчових продуктах і кормах, призначених для експорту.

Найпоширенішими ксеноестрогенами в харчових продуктах є такі групи речовин: гормональні препарати, феноли, фталати, пестициди, парабени, діоксини.

Гормональні препарати. Сучасне промислове тваринництво, птахівництво та рибництво провадиться за використання інтенсивних технологій вирощування тварин, які передбачають (часто з порушенням технологічних регламентів) використання гормональних стимуляторів росту. Це дає змогу збільшити виробництво телятини і яловичини до 15 %, а у птахівництві на один вкладений долар отримати 20 доларів прибутку [38]. У молочному скотарстві використання гормональних препаратів для скорочення сервіс-періоду в поєднанні з можливістю контролювати час запліднення тварин є фактором, який прямо впливає на економіку виробництва молока і продуктивне довголіття тварин.

Наукові досягнення сприяли створенню великої кількості гормональних препаратів, які за аналогічною дією переважають природні гормони більш ніж у 100 разів. Виявилося, що численні синтетичні гормональні препарати стійкіші за природні, погано метаболізуються, накопичуються в організмі тварин у великій кількості й передаються за допомогою харчових ланцюгів. Крім того, ці речовини не руйнуються під час приготування їжі й здатні спричиняти дисбаланс в обміні речовин та фізіологічних функціях організму людини [12].

Для стимулювання м'ясної і молочної продуктивності худоби, несучості птиці найчастіше застосовують статеві гормони та їх синтетичні аналоги. Одним із найвідоміших синтетичних аналогів естрогену, використо-

вуваних у тваринництві як стимулятор росту, є діетилстильбестрол. Він належить до групи стильбенів, які є високоефективними синтетичними анаболічними стероїдами з сильною естрогенною активністю. У разі порушення термінів застосування препаратів, а також витримування тварин для виділення з організму стимулятора препарати залишаються в м'ясних продуктах до споживання людиною [38].

Препарати тваринам, яких відгодовують на м'ясо, дають з кормом, ін'єктують або імплантують. За рахунок пролонгованої форми або імплантації вони протягом тривалого часу перебувають у тваринному організмі. Після виділення з організму тварин з калом естрогени мігрують із ґрунту в підземні води, а звідти – у поверхневі джерела. Естрогени із ґрунту мігрують також у рослини, довго зберігаються в них і знову потрапляють в організм тварини чи людини з рослинними продуктами або м'ясом.

Для оцінювання потенційного ризику споживання гормонів варто взяти до уваги й такий продукт, як яйця. З курячими яйцями ми споживаємо значно більше естрогенів 17ά- і 17β-естрадіолу, ніж з яловичиною [54].

Доведено, що діетилстильбестрол має виражені канцерогенні та тератогенні властивості [27]. Препарат призводить до низки негативних наслідків у жінок, які потрапили під його дію під час вагітності, а також їх дітей.

Виявлення високого рівня діетилстильбестролу в деяких продуктах для дитячого харчування стало стимулом для ухвалення рішення про заборону використання всіх стильбенів як речовин, що стимулюють ріст. Використання стильбенів у тваринництві й птахівництві, імпорт і реалізація продуктів тваринного походження, що містять їх залишкові концентрації, заборонені в країнах Європейського Союзу (табл. 1). Тим часом США, Канада, Бразилія, Аргентина та деякі інші країни перейшли до використання інших, нібито безпечніших гормонів.

Нестероїдним аналогом естрогенів, який завдяки своїм анаболічним властивостям нелегально використовують для покращення росту комерційних овець та великої рогатої худоби м'ясних порід, є зеранол. З'ясовано, що цей гормональний препарат може провокувати безпліддя, порушення в розвитку дітей і підлітків [61]. Зеранол отримують із естрогенного мікотоксину зеараленону, котрий ще називають «рослинним гормоном», чи мікоестрогеном. Останній має втричі меншу естрогенну активність, ніж синтетичний зеранол.

Попри заборони, гормони продовжують нелегально використовувати в тваринництві для стимуляції росту м'язової маси, підвищення засвоюваності кормів, управління циклами відтворення.

Сьогодні в Україні в продовольчій сировині, продукції рослинного та тваринного походження, кормах для тварин визначають наявність діетилстильбестролу, 17-естрадіолу, 19-нортестостерону, зеранолу.

Бісфенол А. Бісфенол А (BPA) – ароматична органічна сполука, один із найбільш поширених і небезпечних синтетичних ксеноестрогенів. Вперше цю речовину було синтезовано хіміками в 1891 році, а до 1930-х років встановили, що BPA імітує дію естрогенів й почали використовувати для гормонозамісної терапії, однак з 1940 р. його застосовували здебільшого у виробництві полікарбонатних пластмас. Під час виготовлення пляшок із полікарбонату BPA використовують як пластифікатор, що поєднує властивості міцності та оптичної прозорості. Згодом з'ясували, що BPA зв'язується з естрогенними та іншими рецепторами в гормон-чутливих клітинах і може порушувати дію природних гормонів, включаючи тестостерон і гормон щитовидної залози [44, 46, 59].

За даними Агентства з охорони навколишнього середовища США, у світі щороку виробляють понад 5 млн т BPA і понад 450 т щороку викидається в навколишнє середовище [57].

Таблиця 1 – **Перелік речовин, заборонених до використання як стимулятори росту** [38]

Класи сполук	Заборонені речовини
Стильбени	Гексоестрол, діенестрол, діетилстильбестрол
Тиреостатики	Тіоурацил, метилтіоурацил, пропілтіоурацил, фенілтіоурацил, тапазол
Стероїди	17β-естрадіол, тестостерон, прогестерон, етинілестрадіол, метилтестостерон, тренболон, ά-нортестостерон, нандролон, болденон, станозолол, меленгестрол, медроксипрогестерон
Будь-які інші речовини, що належать до класів стильбенів, тиреостатиків та стероїдів	

За даними регулювальних органів, у всьому світі більшість людей піддаються впливу BPA через матеріали, що контактують з їжею, під час споживання харчових продуктів та напоїв, у котрі BPA вимивається із тари. Міграція BPA із пластикової пляшки у воду відбувається вже за кімнатної температури й збільшується у разі її підвищення [9]. Максимальна виявлена концентрація BPA у питній воді із пластикової пляшки за активністю була еквівалентна 75,2 нг/л 17β-естрадіолу [60].

Концентрації BPA вимірювали в найрізноманітніших консервах, і деякі дані вказують, що на міграцію BPA із футерування консервних банок у харчові продукти можуть впливати такі чинники, як термін зберігання та температура [52].

BPA було виявлено у зразках ринкових овочів і фруктів, зокрема гарбузі, солодкій картоплі, цитрусових, яблуках [37]. Вони можуть піддаватися впливу синтетичних естрогенів під час зрошування, коли рослини поливають стічними водами та прісною водою, а також обробляють від шкідників і хвороб деякими типами біологічно активних речовин.

Експозиція за BPA має практично всеохоплювальний характер; вимірювання, проведені у всьому світі, показують, що в будь-який момент часу в 90–99 % людей в організмі присутній BPA [59]. BPA та його метаболіти було виявлено в сечі, крові, слині, пуповині, плаценті та навколоплідних водах. Рівні, виявлені у немовлят та дітей, зазвичай вищі, ніж у підлітків, а в дорослих ці рівні дещо нижчі. Встановлено, що споживання холодних рідин із пластикових пляшок впродовж тижня підвищує рівень BPA в сечі більш ніж на дві третини [7]. BPA в сечі виявляють у 92,6 % населення США [6] та 99,8 % корейського населення [30].

Безпечною вважають дозу BPA 50 мкг/кг/добу, однак за результатами деяких досліджень було доведено негативні ефекти за менших доз [47].

Через зростання стурбованості у зв'язку з впливом на здоров'я використання BPA у деяких видах пластикової тари, як от пляшечки для дитячого харчування, в багатьох країнах заборонено, а в інших – добровільно скорочується або ж поступово припиняється.

У міру появи легкодоступних продуктів, що не містять бісфенолу А і виготовлені з різноманітних матеріалів, виникає побоювання, що хімічні речовини-замінники включають аналоги бісфенолу. Насправді, під час дослідження термопаперу, пластмаси та консервів, що не містять BPA, було виявлено присутність сполук з аналогічною хімічною структурою, зокрема бісфенолу S (BPS), бісфенолу F (BPF) та/або інших. У дослідженнях на самках щурів було встановлено, що BPS виявляє кардіотоксичність [33].

З огляду на те, що пластмасові вироби, які містять BPA, деградують у довкіллі сотні років, їх вплив на людину та інші біологічні види, найімовірніше, триватиме дуже довго.

Донині в світі проведено велику кількість досліджень, присвячених вивченню впливу синтетичних ксеноестрогенів на живі організми, й накопичено чимало доказів їх шкодочинності. Найактивнішими є дослідницькі групи в США (майже 40 % всіх досліджень BPA), Японії, Канаді, Кореї, Китаї, Німеччині та Індії. Як об'єкти для вивчення ефектів зазначених вище ксеноестрогенів використовуються найрізноманітніші види живих організмів: щурі, миші, риби (*Danio rerio, Medaka, Pimephales promelas, Carassius*), нематоди (*Caenorhabditis elegans*), амфібії (шпорцеві жаби *Xenopus*), примати (*Chlorocebus aethiops sabaeus*), равлики (*Potamopyrgus antipodarum*), тхори (*Mustela putorius*), клітинні популяції [45].

Опубліковано понад 100 епідеміологічних досліджень різновікових груп населення із багатьох країн, які підтверджують вплив BPA на здоров'я людини. Декілька агентств з охорони здоров'я висловили стурбованість з приводу впливу BPA на розвиток мозку і поведінку плода [51].

У дослідах *in vitro* встановлено здатність BPA посилювати проліферацію естроген-чутливих клітин раку молочної залози людини. Крім того, низькі концентрації цієї речовини можуть сприяти проліферації клітин раку передміхурової залози [25].

Рівень BPA впливає на рівень гормонів щитовидної залози: чим більша концентрація BPA, тим менший рівень зазначених гормонів. Чим більший рівень метаболітів BPA в сечі, тим більше виражені симптоми дефіциту уваги та явища гіперактивності у дітей. З дією BPA пов'язують також підвищення у дітей рівня тривожності та депресії [13].

Дослідники також встановили, що доньки жінок, котрі мали високі концентрації BPA в сечі під час вагітності, вирізняються більш агресивною та гіперактивною поведінкою, ніж діти жінок з низьким рівнем цієї речовини [3].

З 2017 року BPA включено Європейським Союзом до списку «речовин, що викликають серйозну стурбованість» (*substances of very high concern*) через його токсичну дію на репродуктивну функцію [16].

Фталати. Фталати (складні ефіри орто-фталевої кислоти) ще з 1920 року використовують як пластифікатор полімерних матеріалів на основі полівінілхлориду, полістиролу та каучуків для надання гнучкості і довговічності виробам. Через широке використання цих сполук у сучасному виробництві та легку міграцію в навколишнє середовище фталати стали одними з поширених контамінантів довкілля, де їх середня концентрація становить 1–50 нг/м^3, а безпосередньо ди (2-етилгексил) фталату (DEHP), який використовують у виробництві харчових контейнерів та упаковок, може сягати 3640 нг/м^3 [41].

Частка фталатів у складі полімерів становить 15–40 % за масою. Вони хімічно не зв'язані з полімером і вимиваються із пластикових виробів під час експлуатації. Вивчення впливу цих речовин на живі організми розпочалося наприкінці 80-х років XX століття. За результатами досліджень, основними джерелами надходження фталатів в організм людини є харчові продукти і питна вода [20, 21]. Предмети, що контактують з харчовими продуктами, також сприяють підвищенню рівня фталатів в організмі. Розрахункове добове споживання фталатів жінками в США становить 41,7 мг/кг, що перевищує допустимий рівень добового споживання в 37 мг/кг [31]. Метаболіти фталатів присутні майже в 100 % досліджених зразків сечі людини [26].

Концентрації DEHP у напоях, таких як-от бутильована вода, молоко та вино, різняться: бутильована вода містить до 13 мг/л, вино – до 242 мг/л, а сире молоко – до 30 мг/л DEHP. Хоча DEHP не використовують у виготовленні пляшок для води, його було виявлено в багатьох пробах бутильованої води, що свідчить про забруднення джерел води та у процесі виробництва [14]. Під час дослідження молочних продуктів у пластикових упаковках з'ясували, що концентрація DEHP у молоці, вершковому маслі та сирі сягає 47,8 мг/кг [53].

У дослідженнях впливу фталатів на репродуктивне здоров'я людини, зокрема на розвиток хлопчиків, встановлено, що підвищені концентрації цього ксеноестрогена в сечі вагітних можуть призводити до «ожіночнення» їх чоловічого потомства в майбутньому, що доводить фемінізувальну дію фталатів на статевий розвиток немовлят чоловічої статі [39].

Національний дослідницький комітет США (*National Research Council*) виділив «фталатний синдром», який включає такі симптоми: безпліддя, зниження виробництва сперми, крипторхізм, гіпоспадії, порушення формування сечостатевої системи [19]. Крім того, результати досліджень доводять, що пренатальна дія фталатів негативно позначається на психічному розвитку, поведінці та моториці у дітей дошкільного віку [62].

Встановлено кореляційну залежність між передчасним статевим дозріванням дівчаток та впливом фталатів [36]. Пренатальний вплив фталатів корелює з малою вагою дітей при народженні. Низька маса тіла при народженні – основна причина смерті дітей віком до 5 років і збільшує ризик серцево-судинних та метаболічних захворювань у зрілому віці [63]. За даними американських дослідників, у жінок з передчасними пологами рівень фталатів у сечі в середньому втричі вищий, ніж у жінок, які народили вчасно [42].

Міжнародною агенцією з дослідження раку (*International Agency for Research on Cancer* – IARC) задекларовано, що DEHP – «можливий канцероген для людини». Численними експериментальними дослідженнями доведено, що DEHP та інші фталати у значній концентрації є канцерогенами щодо печінки, легень, нирок та ендокринзалежних органів репродуктивної системи [32].

Пестициди. Не новою є проблема впливу на ендокринну систему пестицидів та агрохімікатів, залишкові кількості яких виявляють у продуктах як рослинного, так і тваринного походження. Увагу токсикологів завжди привертала здатність окремих препаратів спричиняти структурно-функціональні ушкодження залоз внутрішньої секреції. Вплив хімічних речовин на тканини ендокринних залоз може індукувати різні порушення їх функції, спричиняючи політропну токсичну дію, зокрема канцерогенний ефект через пошкодження ДНК або активацію проліферативних процесів.

Після завершення другої світової війни у багатьох країнах як основний пестицид застосовували ДДТ (4,4-дихлордифенілтрихлоретан, дуст). Згодом виявили, що ДДТ та його метаболіти, поряд зі специфічними для кожного із цих препаратів токсичними ефектами, здатні імітувати вплив натурального естрадіолу. Публікації про естрогенподібні ефекти ДДТ з'явились вже в 1950-х роках минулого століття. В одній із таких робіт йшлося, наприклад, про пригнічення росту сім'яників і розвиток вторинних статевих ознак у молодих півників під впливом ДДТ [4]. Було також виявлено антиандрогенні властивості деяких метаболітів ДДТ.

З 2001 року діє міжнародна заборона від ООН на використання ДДТ, однак численні дослідження підтверджують, що цей пестицид сьогодні в різних кількостях міститься у

водах морів та океанів, в ґрунтах; накопичується в харчових продуктах як рослинного, так і тваринного походження: картоплі, овочах, фруктах, ягодах, цукровому буряку, зерні хлібних злаків, цукрі, яйцях, м'ясі, оліях і жирах. Завдяки низькій вартості виробництва та високій ефективності як інсектициду ДДТ донині використовують у країнах Африки й Азії для боротьби з переносниками малярії [47]. За оцінками міжнародних організацій (ФАО) і незалежних експертів, в Україні сьогодні може нараховуватись 25–30 тис. т непридатних пестицидів, серед яких з великою вірогідністю може зустрічатись заборонений дуст.

Під час скринінгових досліджень харчових продуктів на вміст пестицидів найчастіше виявляють гексахлорциклогексан (ГХЦГ) та його ізомери (α-, β-, γ-ізомери), ДДТ та його метаболіти, препарати групи 2,4-Д [12].

Численні інші хлорорганічні пестициди, донині застосовувані в деяких країнах, мають естрогенні властивості. До них належать ендосульфан, метоксихлор, гептахлор, діельдрин, атразин, токсафен, хлордан та інші. За сумісної дії вони проявляють естрогенну активність у 150–1600 разів вищу [49]. Естрогенну, антиестрогенну та антиандрогенну активність різних хлорорганічних пестицидів було доведено в численних дослідженнях на різних видах як лабораторних, так і сільськогосподарських тварин. Приклади пестицидів, що можуть спричиняти ендокринні порушення, наведено в таблиці 2.

Системи запобіжних заходів наразі не вироблено, здатність низки пестицидів спричиняти ендокринні порушення досі ніяк не враховуються під час гігієнічного регламентування.

Діоксини та діоксиноподібні речовини. До діоксинів – поліхлорованих дібензодіоксинів (ПХДД) – належить велика група ароматичних гетероциклічних сполук, що містять від 1 до 8 атомів хлору. Крім того, існує дві групи споріднених хімічних сполук – поліхлоровані дибензофурани (ПХДФ) і поліхлоровані біфеніли (ПХБ), які наявні в навколишньому середовищі, харчових продуктах і кормах одночасно з діоксинами [12].

Щорічно у світі використовують і перетворюють на хлорорганічні продукти приблизно 30 млн т хлору, при цьому формується понад 1 млн т високотоксичних відходів – потенційних джерел діоксинів. Щороку на поверхню планети осідає понад 13 т діоксинів, значна частина яких потрапляє в харчові ланцюги [50].

Як було доведено в ряді досліджень на лабораторних тваринах, діоксини характеризуються слабкими естрогенними властивостями і здатністю зв'язуватися з естрогенними рецепторами. Наприклад, введення токсиканту самкам щурів протягом 2-х місяців дозою 3,3 мг/кг стимулювало ріст матки у нестатевозрілих тварин, у статевозрілих спричиняло скорочення овариального циклу, зниження в крові рівня естрадіолу та прогестерону, що супроводжувалося зменшенням кількості фолікулів у яєчниках, зниженням частоти запліднення та імплантації зародків. У норок доза ПХБ 11 мг/кг призводила до стерильності самок. У самців спостерігали зниження рівня тестостерону в крові [22].

Таблиця 2 – **Механізми дії пестицидів — ендокринних дизрапторів** [49]

Імітація ефектів ендогенних гормонів	**Порушення рецепторних механізмів**	**Антагонізм до ендогенних гормонів**	**Порушення синтезу та метаболізму ендогенних гормонів**
Алахлор	Атразин	Амітраз	Гептахлор
Гептахлор	ДДТ (дихлорди-феніл-трихлоретан)	ГХЦГ (ізомери) (гексахлорцикло-гексан)	Диметоат
Діелдрин	Ділдрин	Вінклозолін	2,4-Д (дихлорфеноксиоцтова кислота)
ДДЕ (дихлорди-феніл-дихлоретилен)	Метоксихлор		Малатіон
Метоксихлор	Пропоксур	Прометрін	Метоксихлор
Токсафен	Сімазин	Цинеб	Паракват

В організм людини аліментарним шляхом надходить майже 98 % діоксинів, а з атмосферним повітрям – лише 1–5 %. Інгаляційний і черезшкірний вплив наявні переважно у виробничих умовах, а питна вода зазвичай не відіграє істотної ролі. Найнебезпечніші у сенсі надходження діоксинів в організм людини такі харчові продукти, як жирна яловичина, свинина, бекон, ковбаса, молоко, вершкове масло, сметана, жирні сорти сиру і жирна риба (сьомга, тріска та ін.) [12].

У таблиці 3 представлено внесок різних типів харчових продуктів у середньодобове споживання діоксинів та діоксиноподібних речовин у Німеччині. Ці дані корелюють з результатами моніторингу Європейської агенції з безпеки харчових продуктів (EFSA) [17].

Таблиця 3 – **Внесок різних типів харчових продуктів у середньодобове споживання діоксинів та ПХБ населенням Німеччини** [18]

Харчовий продукт	Споживання, %
Молоко та молочні продукти	42
Риба	17
Яловичина	12
Яйця	8
Рослинні олії та маргарин	7
Фрукти та овочі	6
Свинина	5
М'ясо птиці	3

У харчові продукти тваринного походження діоксини потрапляють здебільшого внаслідок забруднення кормів, часто через використання забрудненої тари або внаслідок утворення діоксиноподібних речовин під час приготування їжі. Дослідження вмісту ПХДД і ПХДФ у кормах і кормових добавках, використовуваних у тваринництві Німеччини, засвідчило, що понад 50 % зразків кормових добавок і кормів містять ці полютанти в концентраціях, що сягають 500 пг/кг.

У низці досліджень встановлено взаємозв'язок між кількістю споживаної риби, яка містила підвищені рівні діоксинів, і ступенем порушень здоров'я у населення. Зокрема, було проаналізовано стан здоров'я і показники інтелекту дітей 242 жінок, які в щоденному раціоні мали забруднену ПХБ рибу із озера Мічіган (США). Контрольною групою слугували діти 70 жінок, які не вживали риби із цього озера. У дітей дослідної групи виявили пригнічення рівня інтелекту: зменшення величини загального когнітивного індексу, зниження вербальних здібностей, порушення короткочасної і довготривалої пам'яті [50].

Під час вивчення вмісту ПХБ у харчових продуктах у Польщі було з'ясовано, що 27–49 % від загальної кількості ПХБ в організм людини надходить з рибою і рибними продуктами. Середнє надходження ПХБ з рибою у Польщі оцінили як 2,3–5,8 мкг на людину. Населення Данії найбільшу кількість діоксинів одержує також з рибними продуктами – 53,8 % [11].

Рівні діоксинів і діоксиноподібних речовин у крові суворих вегетаріанців значно нижчі, ніж загалом у популяції.

У крові населення Землі виявляють ПХБ усіх ступенів хлорованості від 2 до 5 мкг на 1 кг маси тіла. У жировій тканині (а також у ліпідах материнського молока) концентрація ПХБ майже у 1000 разів вища (приблизно кілька мг/кг), ніж в інших тканинах організму. Період напіввиведення ПХБ із організму людини становить 2,6–4,8 років [50].

Рівень ПХБ у материнському молоці може використовуватися як індикатор забруднення ними навколишнього середовища. Дослідження, проведені в 70-х роках XX століття, засвідчили, що в США приблизно 30 % проб жіночого молока містили ПХБ (максимальна концентрація – 56,3 мкг/л), в Канаді – 98 % проб (максимальна концентрація – 68 мкг/л; середня – 12 мкг/л). Молоко матерів-годувальниць у Японії містить ПХБ у середньому 32 мкг/кг, тому їм рекомендовано вживати якнайменше риби або зовсім її не вживати [12].

Доведено, що навіть екстремально низькі дози цих стійких токсичних хімічних сполук спроможні негативно впливати на здоров'я людей.

У 1998 р. ВООЗ рекомендувала допустиму добову дозу діоксинів встановити на рівні 4 пг/кг маси тіла людини.

Найчастішими проявами діоксинового впливу у жінок зафіксовано порушення менструальної функції, підвищення частоти безпліддя, 3-кратне збільшення кількості мимовільних викиднів, зростання показників пренатальної смертності, частоти вад розвитку, зростання кількості онкологічних та серцево-судинних захворювань, імунодефіцитних станів, а також зрушення співвідношення статей у новонароджених у бік дівчаток [45].

Харчові добавки. Італійські вчені проаналізували міжнародну базу даних із 1500 часто використовуваних харчових добавок і виявили серед них потенційні ксеноестрогени. До-

слідники використовували віртуальний скринінг для оцінювання впливу розміру та форми молекул на їх здатність зв'язуватися з рецепторами естрогену. Було з'ясовано, що пропілгалат (Е310), бутилгідроксианізол (Е320) та 4-гексилрезорцин (Е586) є потужними ксеноестрогенами [1].

Ці речовини у харчовій промисловості використовують як антиоксиданти у жирових емульсіях (наприклад майонезі), виробництві жирів, соусів, супів, жувальних гумок, сухих концентратів для кондитерських виробів. Іноді пропілгалатом просякають упаковки для жировмісних продуктів, наприклад для маргарину. Крім харчової промисловості, пропілгалат використовують у косметології під час приготування жирних кремів і лосьйонів. Добова норма споживання добавки Е310 не має перевищувати 100 мг на 1 кг маси тіла. У разі перевищення цієї норми можуть відбуватися не лише гормональні порушення, а й напади астми, подразнення шлунку, алергічні реакції.

Е320 у багатьох країнах занесено до червоного списку харчових добавок, тобто речовин з найвищим ступенем небезпеки. Водночас багато вчених вважають, що середньостатистична людина не перевищує у своєму споживанні добових доз, здатних негативно позначитися на здоров'ї. Міжнародна агенція з вивчення ракових захворювань зазначає про можливу канцерогенну дію цієї харчової добавки на людину. Бутилгідроксианізол хімічно взаємодіє з нітратами, в результаті чого сполуки набувають мутагенних властивостей [29].

Е586 у харчовій промисловості використовують і як антиоксидант – для гальмування процесів окиснення в готовій продукції, і як стабілізатор – для надання однорідності сумішам, компоненти яких між собою не змішуються. Дозуванням не більш як 2 мг/кг ця харчова добавка не має шкідливого впливу на організм людини. Однак споживання в надмірних кількостях впродовж тривалого часу може спричиняти подразнення з подальшою ерозією шлунково-кишкового тракту, а також остеосклероз та нефропатію. Прийнята у світі норма вмісту Е586 у харчових продуктах становить 0–3 мг/кг [1].

Парабени. Як окрему групу харчових добавок виділимо парабени (метил- (Е-218), етил- (Е-214), пропіл- (Е-216), бутил-парабени). Це група синтетичних консервантів, котрі понад століття використовують під час виготовлення лікарських препаратів, гігієнічних, косметичних засобів, харчових продуктів завдяки антибактеріальним та фунгіцидним властивостям, хімічній стабільності та низькій вартості. Щороку в світі використовують майже 8 тис. т парабенів, більшість яких безперервно надходить у навколишнє середовище [43]. У ряді досліджень (зокрема, й українських вчених) з'ясовано, що парабенам притаманна слабка естрогенна дія [2, 28, 35].

Парабени додають у масло, хліб, тістечка, торти, майонези, кетчупи, соуси, рибні консерви та інші продукти. В харчових продуктах уміст парабенів коливається від 0,04 до 0,1 %. Їх концентрацію обчислюють на кілограм маси тіла у такий спосіб, щоб уміст парабенів був менш як 10 мг на 1 кг із розрахунку норм споживання їжі. За консервувальною дією ці ефіри значно переважають вільну парагідроксибензойну кислоту та її солі. На відміну від бензойної та сорбінової кислот, парабени зберігають свою активність не тільки в кислих, а й у нейтральних середовищах. Зазначені речовини можуть вступати в реакцію з білками, лецитином, ефірами целюлози, йонами заліза та складниками харчових продуктів, а також активно адсорбуватися поліетиленом упаковки, що важливо враховувати під час вибору останньої [35].

Тривалий час парабени вважали малотоксичними сполуками, які мали слабкий подразнювальний ефект. Однак останнім часом ряд дослідників звернули увагу на потенційну небезпеку цих консервантів для живих організмів. Це зумовлено низкою чинників, серед яких – здатність до значного накопичення деяких парабенів (зокрема, бутилпарабену) у тканинах харчових гідробіонтів, зокрема риб. Крім того, через високу стабільність у водному середовищі парабени деградують до продуктів, що характеризуються вищими рівнями токсичності порівняно з вихідними сполуками [24]. З причин значних обсягів скидів у водойми стоків, що містять парабени, а також обмеженості використання систем очищення стічних вод, проблема забруднення гідроекосистем, а, отже, харчових гідробіонтів парабенами є актуальною для України.

Токсичні метали. Свинець та кадмій – це метали з порівнянними атомними розмірами та зарядом і, отже, з аналогічними функціями та біологічною дією. Широке використання свинцю та кадмію у промисловості призвело до збільшення забруднення навколишнього середовища. І свинець, і кадмій можна виявити в різних пластикових виробах, включаючи м'яку ПВХ-плівку для харчових продуктів. Обидва метали мають тривалий період напіввиведення, що коливається від кількох років у крові до кількох десятиліть у тканинах, що означає, що вони здатні до біоакумуляції [12].

Для цих загальновідомих токсичних металів виявлено ще одну властивість – здатність порушувати роботу ендокринної системи. Зокрема, низькі дози кадмію можуть імітувати дію естрогену, що доведено у дослідженнях на гризунах та клітинних лініях [5].

Порівняно з кадмієм, властивості свинцю як ендокринного дизраптора менш вивчено, однак дані про слабкі естрогенні властивості цього металу в літературі наявні [40].

Відповідно до даних про порушення передавання гормональних сигналів, кадмій та свинець пов'язані з аномальними рівнем гормонів та розвитком репродуктивної системи, а також із недостатньою репродуктивною функцією/безпліддям у людини. Обидва метали асоціюються з підвищеним ризиком раку грудей та простати, ці онкологічні проблеми – гормонозалежні [23]. Концентрацію свинцю в крові пов'язують із затриманням початку статевого дозрівання у дівчаток [34], а також з раннім настанням менопаузи у жінок [15], а це вказує на те, що експозиція за свинцем може скоротити тривалість репродуктивного життя жінки. У чоловіків рівні свинцю та кадмію в крові значною мірою пов'язані з низькою якістю сперми [55].

Під час вивчення впливу металів на фертильність з'ясовано, що завищений рівень концентрації свинцю і кадмію в сироватці/крові чи фолікулярній рідині знижує шанси на успіх екстракорпорального запліднення у безплідних пар [56].

Висновки. Таким чином, за останні дві декади проведено велику кількість досліджень, присвячених вивченню вмісту ксеноестрогенів антропогенного походження у складі харчових продуктів. Зібрано численні докази негативної дії синтетичних ксеноестрогенів на здоров'я людини, що потребує більш масштабних і клінічно значущих досліджень з визначення впливу хімічних речовин на органи й системи організму людини, а також узагальнення отриманих доказів. Розуміння джерел і масштабів впливу різних ксенобіотиків на навколишнє середовище і здоров'я людини необхідне для розроблення комплексних профілактичних заходів.

REFERENCES

1. Amadasi, A., Mozzarelli, A., Meda, C., Maggi, A., Cozzini, P. (2009). Identification of Xenoestrogens in Food Additives by an Integrated in Silico and in Vitro Approach. Chem. Res. Toxicol., Vol. 22 (1), pp. 52–63. DOI:10.1021/tx800048m.

2. Bedzka, D., Gromadzińska, J., Wsowicz, W. (2014). Parabens. From environmental studies to human health. Environ. Int. Vol. 67, pp. 27–42. DOI:10.1016/j. envint.2014.02.007.

3. Braun, J. M., Kalkbrenner, A. E., Calafat, A. M. (2011). Impact of early life Bisphenol A exposure on behavior and executive function in children. Pediatrics., Vol. 5 (128), pp. 873–882. DOI:10.1542/peds.2011-1335.

4. Burlington, H., Linderman, V. F. (1950). Effect of DDT in testis and secondary sex characteristics of white leghorn cockerels. Proc. Soc. Exp. Biol., Vol. 74, pp. 48–51.

5. Byrne, C., Divekar, S. D., Storchan, G. B., Parodi, D. A., Martin, M. B. (2013). Metals and breast cancer. J Mammary Gland Biol Neoplasia, Vol. 18 (1), pp. 63–73. DOI:10.1007/ s10911-013-9273-9.

6. Calafat, A. M., Ye, X., Wong, L. Y. (2008). Exposure of the U.S. population to Bisphenol A and 4-tertiary-octylphenol: 2003–2004. Environ Health Perspect., Vol. 1 (116), pp. 39–44. DOI:10.1289/ ehp.10753.

7. Carwile, J. L., Luu, H. T., Bassett, L. S. (2009). Polycarbonate bottle use and urinary bisphenolA concentrations. Environ Health Perspect., Vol. 7 (117), pp. 1368–1372. DOI:10.1289/ ehp.090060.

8. Caserta, D., Maranghi, L, Mantovani, A. (2008). Impact of endocrine disruptor chemicals in gynaecology. Human Reproduction Update, Vol. 14 (1), pp. 59–72. DOI:10.1093/ humupd/dmm025.

9. Cooper, J. E., Kendig, E. L., Belcher, S. M. (2011). Assessment of bisphenol A released from reusable plastic, aluminium and stainless steel water bottles. Chemosphere, Vol. 6 (85), pp. 943–947. DOI:10.1016/j.chemosphere.2011.06.06

10. Dubossarska, Z. M. (2021). Reproductive toxicants in the environment and their role in the occurrence of some human diseases (Clinical lecture). Women's Reproductive Health, Vol. 2 (47). DOI:10.30841/2708-8731.2.2021.232523 (In Ukrainian).

11. Dyman, T. M., Hrynevych, N. E., Mazur, T. G. (2022). Safety of food hydrobionts: textbook. K.: VC "Academy" ("Alma Mater" Series), 256 p. (In Ukrainian).

12. Dyman, T. M., Mazur, T. G. (2011). Food safety. K.: VC Academy ("Alma Mater" Series), 520 p. (In Ukrainian).

13. Ejaredar, M., Lee, Y., Roberts, D. J., Sauve, R., Dewey, D. (2017). Bisphenol A exposure and children's behavior: A systematic review. J Expo Sci Environ Epidemiol., Vol. 27 (2), pp. 175–183. DOI:10.1038/ jes.2016.8.

14. Erythropel, H. C., Maric, M., Nicell, J. A., Leask, R. L., Yargeau, V. (2014). Leaching of the plasticizer di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) from plastic containers and the question of human exposure. Appliedmicrobiology and biotechnology, Vol. 98 (24), pp. 9967–9981. DOI:10. 1007/s00253-014-6183-8.

15. Eum, K. D., Weisskopf, M. G., Nie, L. H., Hu, H., Korrick, S. A. (2014). Cumulative lead exposure and age at menopause in the Nurses' Health Study cohort. Environmental health perspectives, Vol. 122 (3), pp. 229–234. DOI:10.1289/ehp.1206399.

16. European Chemicals Agency (ECHA). (2019). Hot topics: Bisphenol A. Vol. 19. Available at:https:// echa.europa.eu/hot-topics/bisphenol-a2018.

17. European Food Safety Authority: Update of the monitoring of dioxins and PCBs level in food and feed. EPSA Journal, 2012, Vol. 10 (7), 82 p.

18. EU-wide Consumer Protection against Environmental Contaminants in Food. Dioxines and PCBs. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety. 06.10.2014. 5 p.

19. Fetal study highlights impact of stress on male fertility. ScienceDaily. 2009. Available at:http://www.sciencedaily.com/ releases/2009/10/091021101814.htm.

20. Frederiksen, H., Skakkebaek, N. E., Andersson, A. M. (2007). Metabolism of phthalates in humans. Mol Nutr Food Res., Vol. 51 (7), pp. 899–911. DOI:10.1002/mnfr. 200600243.

21. Gallart-Ayala, H., Nunez, O., Lucci, P. (2013). Recent advances in LC-MS analysis of food-packaging contaminants. Trends in Analytical Chemistry, Vol. 27, pp. 99–124. DOI:10. 1016/j.trac.2012.09.017.

22. Gellert, R. J. (1988). Uterotropic activity of PCBs: conformationally restricted structural probes. Mol. Pharm., Vol. 33, pp. 120–126.

23. Gray, J. M., Rasanayagam, S., Engel, C., Rizzo, J. (2017). State of the evidence 2017: an update on the connection between breast cancer and the environment. Environmental health: a global access science source, Vol. 16 (1), 94 p. DOI:10.1186/s12940-017-0287-4.

24. Haman, C., Dauchy, X., Rosin, C., Munoz, J.-F. (2015). Occurrence, fate and behavior of parabens in aquatic environments: A review. Water Res., Vol. 68 (1), pp. 1–11. DOI:10.1016/ j.watres.2014.09.030.

25. Ho, S. M., Tang, W. Y., Belmonte de Frausto, J. (2006). Developmental exposure to estradiol and bisphenol A increases susceptibility to prostate carcinogenesis and epigenetically regulates phosphodiesterase type 4 variant 4. Cancer Res., Vol. 11 (66), pp. 5624–5632. DOI:10. 1158/0008-5472.CAN-06-0516.

26. Hogberg, J, Hanberg, A, Berglund, M. (2008). Phthalate diesters and their metabolites in human breast milk, blood or serum, and urine as biomarkers of exposure in vulnerable populations. Environmental health perspectives, Vol. 116 (3), pp. 334–339. DOI:10.1289/ehp.10788.

27. Hoover, R. N., Hyer, M., Pfeiffer, R. M. (2011). Adverse health outcomes in women exposed in utero to diethylstilbestrol. New Engl J Med., Vol. 365 (14), pp. 1304–1314. DOI:10. 1056/NEJMoa1013961.

28. Hrytsynyak, I. I., Yanovych, D. O., Shvets, T. M. (2015). Ecotoxicology of salmon fish. K.: DIA, 472 p. (In Ukrainian).

29. Kang, G. K., Jeon, S. H., Cho, J. H. (2006). Evaluation of estrogenic and androgenic activity of butylated hydroxyanisole in immature female and castrated rats. Toxicology, Vol. 213, pp. 147–156. DOI:10.1016/j.tox.2005.05.027.

30. Kim, K., Park, H., Yang, W. (2011). Urinary concentrations of bisphenol A and triclosan and associations with demographic factors in the Korean population. Environ Res., Vol. 8 (111), pp. 1280–1285. DOI:10.1016/j.envres.2011.09.003.

31. Koo, H. J., Lee, B. M. (2005). Human monitoring of phthalates and risk assessment. Journal of toxicology and environmental health Part A., Vol. 68 (16), pp. 1379–1392. DOI:10. 1080/15287390590956506.

32. Kubashko, A. V., Hertsyuk, M. M., Deev, V. A. (2018). Phthalates – Issues of biotoxicity to the human body. J. Ukraine honey, Vol. 21 (123), pp. 7–14. (In Ukrainian).

33. Liao, C., Kannan, K. (2013). Concentrations and profiles of bisphenola and other bisphenol analogues in foodstuffs from the United States and their implications for human exposure. J Agric Food Chem., Vol. 61 (19), pp. 4655– 4662. DOI:10.1021/jf400445n.

34. Liu, Y., Tellez-Rojo, M. M., Sanchez, B. N. (2019). Early lead exposure and pubertal development in a Mexico City population. Environment international, Vol. 125, pp. 445–451. DOI:10.1016/j.envint.2019.02.021.

35. Liventsova, O. O. (2015). Parabens: properties, use, methods of determination. Food science and technology, Vol. 9 (4), pp. 44–50. (In Ukrainian).

36. Lomenick, J. P., Melguizo, C., Castro, M. S. (2009). Phthalate exposure and precocious puberty in females. J Pediatr., Vol. 2 (156), pp. 221–225. DOI:10.1016/j.jpeds. 2009.09.047.

37. Lu, J., Wu, J., Stoffella, P. J., Wilson, P. C. (2013). Analysis of Bisphenol A, Nonylphenol, and Natural Estrogens in Vegetables and Fruits Using Gas Chromatography–Tandem Mass Spectrometry. J. Agric. Food Chem., Vol. 61, pp. 84–89. DOI:10.1021/jf304971k.

38. Lykholat, O., Vyshnikina, O. (2011). Control of residual hormonal preparations in food products. Goods and markets, Vol. 1. Available at:http://tr.knute.edu.ua/files/ 2011/11/27.pdf. (In Ukrainian).

39. Marsee, K., Woodruff, T. J., Axelrad, D. A. (2006). Estimated daily phthalate exposures in a population of mothers of male infants exhibiting reduced anogenital distance. Environ Health Perspect., Vol. 6 (114), pp. 805–809. DOI:10.1289/ehp.8663.

40. Martin, M. B., Reiter, R., Pham, T. (2003). Estrogen-like activity of metals in MCF-7 breast cancer cells. Endocrinology, Vol. 144 (6), pp. 2425–2436. DOI:10.1210/en.2002-221054.

41. Martine, B., Marie-Jeanne, T., Cendrine, D. (2013). Assessment of adult human exposure to phthalate esters in the urban centre of Paris. Bull. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 90 (1), pp. 91–96. DOI:10.1007/s00128-012-0859-5.

42. Meeker, J. D., Hu, H., Cantonwine, D. E. (2009). Urinary phthalate metabolites in relation to preterm birth in Mexico City. Environmental Health Perspect., Vol. 10 (117), pp. 1587–1592. DOI:10.1289/ehp.0800522.

43. Molins-Delgado, D., SilviaDíaz-Cruz, M., Barcelo, D. (2016). Ecological risk assessment associated to the removal of endocrine-disrupting parabens and benzophenone-4 in wastewater treatment. J. Haz. Mat., Vol. 310, pp. 143–151. DOI:10.1016/j.jhazmat.2016.02.030.

44. Nadal, A., Fuentes, E., Ripoll, C. (2018). Extranuclear-initiated estrogenic actions of endocrine disrupting chemicals: Is there toxicology beyond paracelsus? The Journal of steroid biochemistry and molecular biology, Vol. 176, pp. 16–22. DOI:10.1016/j.jsbmb.2017. 01.014.

45. Nikitin, A. I. (2006). Hormone-like xenobiotics and their role in pathology of human reproductive function. Human ecology, Vol. 1, pp. 9–16.

46. Onundi, Y., Drake, B.A., Malecky, R.T. (2017). A multidisciplinary investigation of the technical and

environmental performances of TAML/peroxide elimination of Bisphenol A compounds from water. Green Chemistry, Vol. 19, pp. 4234–4262 DOI:10.1039/ c7gc01415e.

47. Paterni, I., Granchi C., Minutolo, F. (2017). Risks and benefits related to alimentary exposure to xenoestrogens. Crit Rev Food SciNutr. Vol. 57 (16), pp. 3384–3404. DOI:10.1080/ 10408398.2015.1126547.

48. Phytoestrogens: choice and safety. Bibliographic index (2000–2017). Available at: https://library.dmu.edu.ua/images/Doc/biblpokaz/Phitoestrogen.pdf.

49. Prodanchuk, M. G., Zhminko, P. G., Nedopytanska, N. M. (2005). Basic problems of toxicology of pesticides and agrochemicals and their regulation in environmental objects (review). Journal Academy of Sciences of Ukraine, Vol. 11 (4), pp. 753–774. (In Ukrainian).

50. Prodanchuk, N. G., Balan, H. M. (2005). Food products and the risk of intoxication with dioxins and dioxin-like compounds. Problems of nutrition, Vol. 3, pp. 5–18. (In Ukrainian).

51. Rochester, J. R. (2013). Bisphenol A and human health: a review of the literature. Reproductive toxicology (Elmsford, NY), Vol. 42, pp. 132–155. DOI:10.1016/j. reprotox.2013. 08.008.

52. Schecter, A., Malik, N., Haffner, D. (2010). Bisphenol A (BPA) in U.S. food. Environ Sci Technol. Vol. 44 (24), pp. 9425–9430. DOI:10.1021/es102785d.

53. Sharman, M., Read, W. A., Castle, L. (1994). Levels of di-(2-ethylhexyl) phthalate and total phthalate esters in milk, cream, butter andcheese. Food Add. Contam.,Vol. 11. pp. 375–385. DOI:10.1080/02652039409374236.

54. Stephany, R. W. (2010). Hormonal growth promoting agents in food producing animals. Handb Exp Pharmacol., Vol. 195. pp. 355–367. DOI:10.1007/978-3-540-79088-4_16.

55. Telisman, S., Cvitkovic, P., Jurasovic, J. (2000). Semen quality and reproductive endocrine function in relation to biomarkers of lead, cadmium, zinc, and copper in men. Environmental health perspectives, Vol. 108 (1), pp. 45–53. DOI:10.1289/ehp.0010845.

56. Tulic, .L, Vidakovic, S., Tulic, I., Curcic, M., Bulat, Z. (2019). Toxic Metal and Trace Element Concentrations in Blood and Outcome of In Vitro Fertilization in Women. Biol Trace Elem Res., Vol. 188 (2), pp. 284–294. DOI:10.1007/s12011-018-1421-z.

57. US EPA. (2019). Risk management for bisphenol A (BPA). Assessing and managing chemicals under TSCA. Available at:https:// www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/risk-management-bisphenol-bpa2019.

58. Vabre, P., Gatimel, N., Moreau, J. (2017). Environmental pollutants, a possible etiology for premature ovarian insufficiency: a narrative review of animal and human data. Environmental Health, Vol. 16, 37 p. DOI:10.1186/s12940-017-0242-4.

59. Vandenberg, L. N. (2011). Exposure to bisphenol A in Canada: invoking the precautionary principle. CMAJ, online Feb 22. DOI:10.1503/cmaj.101408.

60. Wagner, M. Oehlmann, J. (2009). Endocrine disruptors in bottled mineral water: total estrogenic burden and migration from plastic bottles. Environ Sci Pollut Res Int., Vol. 3 (16), pp. 278–286. DOI:10.1007/ s11356-009-0107-7.

61. Wang, S., Wang, X. H. (2007). Analytical methods for the determination of zeranol residues in animal products: a review. Food Addit Contam. Vol. 24 (6). pp. 573–582. DOI:10. 1080/02652030601134533.

62. Whyatt, R. M., Liu, X., Rauh, V. A. (2012). Maternal prenatal urinary phthalate metabolite concentrations and child mental, psychomotor and behavioral development at age three years Environmental Health Perspect., Vol. 2 (120), pp. 290–295. DOI:10.1289/ ehp.1103705.

63. Zhang, Y., Lin L., Cao, Y. (2009). Phthalate levels and low birth weight: a nested case-control study of Chinese newborns. J Pediatr, Vol. 4 (155), pp. 500–504. DOI:10.1016/ j.jpeds.2009.04.007

Xenoestrogens of anthropogenic origin in food products and their impact on human health

Dyman T.

The anthropogenic impact on the biosphere has now acquired a global character, resulting in a massive influx of industrial, agricultural, and household waste into the environment. Numerous chemical, physical and biological substances present in the environment have a harmful effect on human health. Among them, a special group is formed by hormonally active xenobiotics – xenoestrogens. They are not produced by the body, but are structurally or functionally related to the human sex hormone 17β-estradiol, and bind to estrogen receptors with varying degrees of affinity and selectivity.

The article summarizes and analyzes the available literature data on the most common synthetic xenoestrogens that can be present in foodstuff and have a negative impact on human health. In particular, such groups of substances as hormonal drugs, phenols, phthalates, pesticides, dioxins and dioxin-like substances, parabens, toxic metals are described.

The presented evidence of the negative impact of synthetic xenoestrogens on human health requires more large-scale and clinically significant studies to determine the impact of chemical substances on the organs and systems of the human body, as well as generalization of the received evidence. Understanding the sources and extent of the impact of various xenobiotics on the environment and human health is essential for the development of comprehensive preventive measures.

Key words: anthropogenic impact, xenoestrogens, toxicants, foodstuff, endocrine disorders.

Copyright: Димань Т. 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:
Димань Т. М. https://orcid.org/0000-0002-6428-1476

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 355.65.12

Аналіз та тенденції організації харчування військовослужбовців у різних країнах світу

Гойко І.Ю., **Стеценко Н.О.**

Національний університет харчових технологій

E-mail: Гойко І.Ю. irina_goyko@ukr.net; Стеценко Н.О. stetsenkono_nuft@ukr.net

OPEN ACCESS

Гойко І.Ю., Стеценко Н.О. Аналіз та тенденції організації харчування військовослужбовців у різних країнах світу. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 127–135.

Goyko I., Stetsenko N. Analysis and trends in the organisation of military catering in different countries of the world. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 127–135.

Рукопис отримано: 26.03.2024 р.
Прийнято: 08.04.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-127-135

Стан харчування військовослужбовців є однією із основних ознак, які визначають боєздатність військового контингенту, особливо в умовах розгорнутого широкомасштабного вторгнення росії на територію нашої країни. Високі фізичні і морально-психологічні навантаження, з якими стикаються військовослужбовці при виконанні службово-бойових завдань, призводять, у першу чергу, до суттєвого зростання потреб організму в есенціальних речовинах, таких як вітаміни та мінеральні речовини. Для підтримання високого рівня боєздатності, фізичного, емоційного стану військовослужбовців та виконання службово-бойових завдань необхідне забезпечення особового складу повноцінним харчуванням у польових умовах з відривом від баз постачання.

Згідно з метою роботи, у статті проведено науковий аналіз та висвітлення сучасного стану харчування військовослужбовців ЗСУ, порівняно з арміями передових країн світу, відповідно до чинних законодавчо-нормативних документів.

Показано, що Норма № 10, яка використовується військовослужбовцями ЗСУ у польових умовах, містить м'ясні та м'ясо-рослинні консерви, які готові для споживання, а у Нормі № 15 є страви, що готові до вживання (галети, сухарі, джем, мед, спеції). Крім того, для військовослужбовців, які безпосередньо беруть участь у бойових операціях, розроблено посилений сухий пайок з сухофруктами, шоколадом чорним; готовою до вживання м'ясною стравою та кавою розчинною.

Проведено аналіз продовольчого забезпечення особового складу в арміях різних країн світу та розглянуто принципи їх формування.

З'ясовано, що харчові раціони для військовослужбовців ЗСУ відповідають чинним фізіологічним нормам за показниками енергетичної цінності і не поступаються зарубіжним, але проведений аналіз їх складу показав відсутність молочних продуктів, овочів, фруктів та страв для вегетаріанців.

Для урізноманітнення пайків запропоновано використовувати продукти підвищеної харчової цінності, збагачені функціональними інгредієнтами.

Ключові слова: військовослужбовці, армія, раціони харчування, сухпайок, харчові продукти, енергетична цінність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Харчування військовослужбовців, особливо в умовах російської агресії проти України, є одним із важливих чинників підтримання високої військової боєздатності, що забезпечує збереження здоров'я, фізичну витривалість, компенсує високі енергетичні витрати і підвищує опірність та стійкість організму в умовах бою. Постійне фізичне та психологічне перенапруження військовослужбовців зумовлює істотну перебудову метаболічних процесів, що в сукупності ставить їх організм на межу, а іноді – за межу функціональних можливостей [1–2].

Сьогодні актуальними є слова Наполеона: «Народ, який не хоче годувати свою армію, скоро буде годувати чужу». Харчування військовослужбовців має велике значення, і тому у світі приділяється значна увага розробленню, удосконаленню, розширенню асортименту продуктів та готових до вживання страв. Для забезпечення витривалості та високої боєздатності військовослужбовців необхідно організовувати повноцінне харчування, яке сприятиме підтриманню працездатності, швидкому відновленню після навантажень, адаптації до екстремальних умов, а також компенсує високі енергетичні витрати, підвищить опірність і стійкість організму в умовах бою [3–4].

У більшості країн світу комплектування армійських пайків (системи індивідуального харчування) здійснюється за національними нормами забезпечення з обов'язковим урахуванням характеру військової служби, рівня розвитку військової техніки, засобів озброєння, принципів ведення бойових дій. Все це відображається на структурі пайків, а також на організації харчування військовослужбовців. У різних країнах світу постійно удосконалюються складники раціонів, їх фасування та пакування. Поліпшення харчування військовослужбовців, якості та безпеки харчових продуктів є актуальною проблемою як для нашої країни, так і в світі [5–6].

Метою досліджень є аналіз та висвітлення сучасного стану харчування військовослужбовців ЗСУ порівняно з економічно розвинутими країнами світу для удосконалення та внесення пропозиції з покращення асортименту харчових продуктів у складі харчових раціонів для військовослужбовців ЗСУ.

Матеріали і методи. Дослідження проведено на підставі вивчення наукових публікацій вітчизняних та зарубіжних вчених, нормативних документів щодо забезпечення та організації харчування військовослужбовців ЗСУ та країн світу. У роботі використано загальнонаукові методи досліджень.

Результати дослідження та обговорення. Військовослужбовці повинні бути готовими у будь-який час виконувати бойові завдання, перебуваючи на відстані від пунктів постійної дислокації військових частин, що унеможливлює забезпечення їх належним харчуванням. Тому передбачено здійснювати повноцінне харчування за допомогою індивідуальних харчових раціонів (ІХР), тобто сухих пайків [7–10].

Сухі пайки повинні забезпечувати військовослужбовців повноцінним харчуванням впродовж доби, оскільки тільки якісне харчування має вирішальне значення для зміцнення здоров'я, фізичної підготовки, боєздатності під час тренувань та виконання бойових завдань.

В Україні забезпечення харчуванням військовослужбовців Збройних Сил України (ЗСУ) регламентуються постановою КМУ від 29 березня 2002 р. № 426 «Про норми харчування військовослужбовців Збройних Сил та інших військових формувань» (14 Норм), яку постановою КМ України від 3 жовтня 2016 р. № 696 «Про внесення змін до норм харчування військовослужбовців ЗСУ та інших військових формувань» доповнено Нормою № 15 – добовий польовий набір продуктів [11].

Військовослужбовцям у польових умовах було запропоновано замінити сухий загальновійськовий пайок (Норма № 10), який не суттєво відрізнявся від радянських стандартів забезпечення військовослужбовців щодо різноманітності раціону та фасування харчових продуктів, характеризувався відсутністю засобів для розігріву, незручністю при використанні (відкриття бляшаних банок), та який можна вживати в обмежений період (3 доби), на вдосконалений і більш збалансований за Нормою №15 у реторт-упаковках.

Норма № 10 містить страви, які складаються з м'ясних та м'ясо-рослинних консервів, готових для споживання. Енергетична цінність – 3 800 Ккал. У Нормі № 15 – готові до вживання страви – галети, сухарі, джем, мед, спеції. Енергетична цінність – 3 500 ккал [11].

Для військовослужбовців, які беруть участь у бойових операціях, пайки додатково містять різноманітні сухофрукти (30 г), шоколад чорний з вмістом какао не менше 56 % (35 г); готову до вживання м'ясну страву – 200 г (м'ясо тушковане яловичини вищого сорту, м'ясо тушковане свинини безсортове), каву розчинну (2 г) та цукор (10 г). Енергетична цінність – 4 100 ккал [12–13].

Пізніше, у 2018 році, було введено в дію ТУ У 10.8-00034022-201:2018 «Раціони добового польового набору продуктів – ДПНП-Р». Згідно з документом, у ДПНП-Р передбачені сніданок, обід і вечеря та 14 різновидів добового польового набору продуктів (Норма № 15), калорійністю не менше 3500 ккал [13].

Згідно з проєктом «Реформа харчового забезпечення Збройних Сил України» та Наказом Міністерства оборони України від 29.04.2020 № 140 «Про затвердження Порядку застосування Каталогу продуктів харчування», було запроваджено нову систему організації харчування особового складу у військових частинах з використанням Каталогу продуктів хар-

чування. Це діє змогу сформувати будь-який раціон, що буде забезпечувати достатню калорійність харчування завдяки тому, що асортимент продуктів було збільшено з 30 до 400 найменувань [14].

Головною метою продовольчого забезпечення армій майже в усіх країнах світу є насичення організму військовослужбовця енергією та есенціальними нутрієнтами у збалансованому співвідношенні у будь-яких умовах та обстановці у повному обсязі.

Для організації оптимального забезпечення військовослужбовців ЗСУ, особливо в умовах російської агресії, необхідно провести аналіз продовольчого забезпечення особового складу військ країн світу.

За літературними даними [6–7, 15–16], продовольче забезпечення особового складу військ НАТО організовується з урахуванням можливості швидкого переходу Збройних Сил з мирного стану на воєнний, ведення бойових дій із застосуванням зброї масового ураження, а також значної витрати матеріальних засобів. Формування ІРХ у різних країнах світу має свої особливості, що базуються на релігійній, етнічній, національній особливостях харчування та інтересів військовослужбовців.

Кожна країна має свої вподобання, законодавства щодо виробництва харчових продуктів. Так, в армії США прийнято враховувати потреби військовослужбовців, що залежать від віросповідання. Раціон повинен містити вегетаріанську, кошерну або халяльну їжу, якщо кількість людей, що потребують таких став, перевищує 10 % особового складу. Водночас американські військовослужбовці намагаються обмежувати вживання солодкої води, білого хліба, бісквітів, дотримуючись принципів здорового харчування [6, 14–17].

Польовий раціон армії США – найбільш багатий і різноманітний. Індивідуальний польовий раціон (ІПР) складається з 24 страв, одна з яких – обов'язково вегетаріанська. Крім того, США мають воєнну розробку – сухі пайки MRE (англ. «*Meal, Ready-to-Eat*», «їжа, готова до споживання»), які розраховано на одне приймання їжі, до яких входить основна страва та харчові продукти, що не потребують термічної обробки. Особливістю сухого пайка США, як і сухпайка країн НАТО, є різноманітні енергетичні батончики, горіхово-фруктові суміші, десерти. При цьому в основних стравах перевага надається натуральній їжі [17–21].

Для розігріву продуктів у MRE включено спеціальний пакет з безполуменевим хімічним нагрівачем. Також військові фахівці США створили технологію, що дає змогу за допомогою 3Д-принтера готувати харчову продукцію із заданими параметрами в бойових умовах. Проєктувати можна енергетичну цінність, кількість основних нутрієнтів. Енергетична цінність пайка армії США становить від 2200 ккал до 2500 ккал [17–21].

Харчування військовослужбовців у армії Великобританії здійснюється єдиним пайком, який поширюється на всі види військ і розрахований для добового споживання. ІПР складається з 20 різновидів. Сухпайок містить 2 основні страви (на сніданок і обід) та закуску. Армійський пайок – різноманітний та вирізняється великою кількістю енергетичних напоїв. Основу харчування армії становлять м'ясо, риба, молоко, овочі та фрукти. Пайок містить багато солодощів (цукерки, суміші із сухофруктів і горіхів, батончики, мюслі, фрукти, печиво, пудинг, шоколад, джем), напої, жувальні гумки. Калорійність пайка Великобританії становить 4200 ккал [22–23].

Сухий пайок канадської армії *Individual Meal Pack* (IMP) має 21 різновид меню (7 для сніданків, 14 – денні та вечірні раціони) та розрахований на 3 прийоми їжі. До пайка входять супи, другі страви, консервовані фрукти, десерти (пудинг, горіхова паста, вівсянка, цукерки, шоколад тощо), напої (протеїнові коктейлі, спортивні напої, чай, кава, фруктові коктейлі), хліб [19, 24–26].

В армії Німеччини прийнято диференційований підхід до харчування особового складу, який передбачає 2 приймання їжі. ІХП (*Military Combat Ration або Einmannpackung*) містить традиційні німецькі ковбаски із свинини, а також 2 основні страви та закуску (бутерброди, пиріг тощо), десерт (фруктовий салат, шоколад, печиво, бісквіти, джем або желе), сирні спреди, порошкові соки, розчинну каву, чай. Калорійність пайка становить 3950 ккал [19, 20].

Французькі військовослужбовці забезпечуються 23 різновидами сухих пайків RCIR (*Reheatable Combat Individual Ration*). До його складу входять 2 основні страви, закуска, бісквіт, різноманітні десерти (паштет із оленини, консервоване рагу з м'яса качки, креольська свинина, кремовий пудинг, шоколадна карамель, мюслі, солоні та солодкі галети, фруктове желе, ананаси, енергетичний батончик, какао з цукром, чай, кава тощо). Енергетична цінність пайка становить 3875 ккал [7, 19, 27].

Раціон для італійських військових (*Razione Viveri Speciali da Combattimento*) розрахований на 3 приймання їжі: сніданок, обід, вечеря і містить різноманітні продукти: макаронні вироби, овочі, фрукти, яловичина, нежирна свинина, вино, прянощі. В ІХП входить тра-

диційна їжа італійців – спагетті, канелоні, що заправляють томатним соусом, сиром, м'ясом, квасолею, овочами. На десерт – шоколадний кремовий пудинг, шоколадний батончик Power Sport, консервований фруктовий салат, фруктове желе, шоколадні мюслі, крекери і мармелад, а також кава і згущене молоко, сіль, цукор. Енергетична цінність пайка становить 3320 ккал [7, 19–20].

ІРХ військовослужбовців Іспанії *Spanish Combat Ration* (Іспанський бойовий раціон) містить овочевий розчинний суп, тушкований стейк, печінку з овочами, квасолю з шинкою, кальмари в олії та паштет. Як десерт пропонуються персики в сиропі або інші консервовані фрукти та пакетик кави. Крекери видаються окремо від ІРХ. Відмінністю цих пайків є те, що вони містять велику кількість таблеток з вітамінами, глюкозою, засоби для очищення води і регідратації [19].

Австралійський індивідуальний добовий раціон *Combat Ration One Man* (раціон бійця, «на одну людину») має особливість – унікальність кожного пакування. Випускається він у трьох варіантах:

Combat Ration One Man (CR1M) – раціон бійця на одну людину;

Patrol Ration One Man (PR1M) – раціон патрульного на одну людину і *Combat Ration 5 Man* (CR5M) – раціон на п'ятьох людей.

Перевагою ІХР австралійських солдатів є самостійний вибір продуктів. При зарахуванні на службу кожен військовослужбовець заповнює анкету, де вказує перелік страв, які хотів би отримати в бойовому раціоні. ІХР містить 2 головні страви (суп, консерви та соус), закуску (шоколад, батончик), напої. Вирізняється сухпайок вмістом різних солодощів [19].

До сухпайків військовослужбовців Норвегії входять пакети з бобами та беконом у томатному соусі, стейк Oatie, булочка, пляшечка гострої приправи Tabasco, пакетик з іншим соусом, сіллю та цукром, пакетики кави Kenco та чаю Ерл Грей, а також вітамінізований напій Sport Drink, пакетик готового яблучного соку з вітамінами, а також пакетик із цукерками Tooty Frooties на десерт.

Сухпайки Данії (Dinner Portion) багато в чому схожі з сухпайком США, де разом зі стравами, серед яких є омлет з ягодами, м'ясна страва, розчинні напої, хліб, каша швидкого приготування, консерви та крекери, у сухпайок кладуть зубну щітку [19].

ІХТ військовослужбовців Литви (*Dry Ration*) практично повністю копіює американські MRE, до складу яких, крім основних страв, входить шоколадний батончик, мед або джем, хліб, лісові горіхи або мигдаль, розчинний чай або кава, цукор.

Польських військовослужбовців (*Polish Combat Food Ration*) годують 2 маленькими баночками м'яса або м'ясною або сирною пастою, згущеним молоком, великою кількістю твердих крекерів і вітаміном С.

До Естонського сухпайка входить фарширований перець у томатному соусі, курячий паштет Hame, баночка копченої кільки в олії та смажена печінка з картоплею, а також халва з ваніллю, яблучно-ягідний джем, мед.

Японський ІХР містить макрель у томатному соусі, білий відварений рис, смажений рис Gomoku. Відмінність пайка в тому, що вода для приготування їжі не потрібна, бо все вже готове до вживання.

Раціони харчування ЦАХАЛ вирізняються різноманітністю та широким асортиментом продуктів. Щорічно в армії оборони Ізраїлю у забезпечення особового складу харчуванням впроваджуються інновації та реформи.

Так, вегетаріанський ІХР Ізраїлю містить листя винограду, фаршировані рисом, оливки, арахіс, рис з горохом, кукурудзу. Звичайний ІХР містить основні страви – курячі та яловичі фрикадельки з рисом, боби в томатному соусі, тунець в олії. На десерт – цукати, халва та шоколадний десерт.

Корейські сухпайки (*Military Ration*) містять 250 г відвареного рису з овочами, спеціями та м'ясом, що вже готові до вживання, суху супову суміш у пакеті, суху локшину, два види рослинної олії, пакетик з гострою корейською приправою та пакет із шоколадним драже.

Турецькі військовослужбовці отримують горох з м'ясом, кус-кус, мед, лаваш, крекери, горіхи, курагу, сушений інжир, шоколад і чай.

Льотчики винищувачів F-16 мають окремий раціон з калорійністю, майже удвічі меншою за традиційну (1600 Ккал), до якого входить лаваш, томатний суп, крекери, темний шоколад, горіхи, сушений інжир і курага.

ІХР Китаю містить яловичий рулет, гостру овочеву закуску, сублімований хліб і сухий напій.

Для військовослужбовців Танзанії ІХР включає тушковану курку з рисом і вівсянкою, на десерт – печиво, сік апельсиновий і манго, кава і чай.

У Таїланді сухпайок невеликий і включає рибний суп, жасминовий рис, яловичину з перцем чилі і часником, сушені фрукти.

ІХР військовослужбовців Сінгапуру складається з трьох страв – січуанської курячої локшини, рису з куркою і грибами, а також соєвого молока з червоною квасолею [19].

Як видно з наведеного вище, сухі пайки українських військовослужбовців за енергетичною цінністю не поступаються зарубіжним, але проведений аналіз їх складу показав відсутність в ІХТ ЗСУ страв для вегетаріанців та веганів.

Серед військовослужбовців, які захищають країну від російської агресії, є значна кількість людей, які не вживають м'яса та продуктів тваринного походження з етичних причин. Вегетаріанська їжа є пріоритетною для релігійних людей, а також для іноземних військових з різними віросповіданнями чи релігією, що допомагають Україні у війні проти росії. Крім того, введення рослинних сухпайків буде доповнювати та розширювати асортимент продуктів.

Тому 27 червня 2022 року на сайті президента України з'явилась петиція «Про введення вегетаріанських та веганських сухих пайків для Збройних Сил України». Наразі до сухпайків для вегетаріанців, які почали тестувати в ЗСУ, включили 28 вегетаріанських страв (10 «перших» та 18 «других»), зокрема: булгур з грибами, квасолю в томатному соусі, овочеве соте з соєвим м'ясом тощо. У жодній зі страв немає м'яса або вершкового масла.

Інгредієнти та набори підібрано у такий спосіб, щоб вегетаріанці отримали стільки ж енергії, як і інші військові. При цьому вартість не відрізняється від вартості звичайного сухпайка. Крім вегетаріанців, такі сухпайки підійдуть для тих, хто має непереносимість лактози або дотримується посту.

Крім основних страв, добовий набір вегетаріанців містить галети, сухарі, чай, каву, мед, джем, цукор, сіль, перець. Ці набори у вакуумних пакетах можуть зберігатися до двох років і без холодильника. За потреби їжу можна підігріти, для цього потрібні спеціальні пакетики з активною речовиною та вода [28].

Аналіз складу ІХР військовослужбовців армій різних країн світу показав, що харчові продукти представлено в досить широкому асортименті.

Проаналізувавши ІХР військовослужбовців ЗСУ, було виявлено невідповідність співвідношення основних макро- та мікронутрієнтів. Українські сухпайки, порівняно з арміями країн НАТО та згідно з наказом МОЗ України [29], попри достатню кількість калорій мають досить бідний мінеральний та вітамінний склад і не задовольняють фізіологічні потреби військовослужбовців у макро- та мікронутрієнтах, особливо при виконанні службово-бойових завдань. В ІХР ЗСУ відсутні молочні продукти, овочі та фрукти. Тому необхідно урізноманітнити пайок новими спеціальними харчовими продуктами підвищеної харчової та біологічної цінності, які будуть збагачені мікро- та макроелементами, а також вітамінами та іншими біологічно активними речовинами.

На кафедрі технології оздоровчих продуктів Національного університету харчових технологій було розроблено та запатентовано низку композицій, напівфабрикатів та харчових продуктів для військовослужбовців підвищеної харчової та біологічної цінності, що містять функціональні інгредієнти та збагачені есенціальними нутрієтами, зокрема функціональні композиції для збагачення харчових продуктів для військовослужбовців [30–31], сухий білково-рослинний напівфабрикат з молочної сироватки для військовослужбовців [32], м'ясо-рослинні консерви для військовослужбовців [33] та ін.

Реформа харчування в ЗСУ ще триває і поступово наближається до стандартів країн НАТО.

Висновки. В усіх арміях світу головними завданнями харчування військовослужбовців є забезпечення організму енергією та харчовими інгредієнтами в достатній кількості за збалансованого співвідношення та гарантованої якості та безпеці харчових продуктів.

Крім того, необхідно вносити пропозиції з покращення асортименту харчових продуктів у складі ІХР для військовослужбовців ЗСУ, розробляти нові продукти підвищеної харчової та біологічної цінності, збагачені полівітамінними, мінерально-вітамінними комплексами для урізноманітнення та розширення асортименту страв з урахуванням досвіду армій країн НАТО.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О., Гойко І. Ю. Принципи розроблення харчових продуктів, адекватних нутритивним потребам: матеріали IX міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності» Київ, 10 грудня 2020 р. НУХТ, 2020. С. 15–17.

2. Сімахіна Г. О., Стеценко Н. О., Науменко Р. Ю. Наукове обґрунтування вибору нутрієнтів, адекватних потребам людини: proceedings of XXXVII International scientific conference «Scientific look at the present». Morrisville: Lulu Press., 2018. С. 9–12.

3. Karl J. P., Margolis L. M., Fallowfield J. L. Military nutrition research: Contemporary issues, state of the science and future directions. Eur J Sport Sci. 2022. 22 (1). P. 87–98. DOI:10.1080/17461391.2021.1930192

4. Nichev N. Evaluation of the Nutrition of the Bulgarian Army Military Personnel During the Preparation for Participation in Expeditionary Operations. Scientific Bulletin. 2017. Vol. XXII. No 2 (44). P. 256–267. DOI:10.18768/ijaedu.593873

5. Forys-Donahue K. L., Brooks R. D., Beymer M. R., Pecko J. The association between nutrition and behavioural health in a US Army population. Public health nutrition, 2020. 23 (17). P. 3059–3066c. DOI:10.1017/S1368980020001238

6. Dietary intake in relation to military dietary reference values during army basic combat training; a multi-center, cross-sectional study / L.J. Lutz et al. Military Medicine. 2019. 184 (3–4). P. 223–230. DOI:10.1093/milmed/usy153

7. Савицький В. Л., Депутат Ю. М., Іванько О. М., Горішна О. В. Досвід застосування індивідуальних раціонів харчування військовослужбовців: реалії та перспективи. Сучасні аспекти військової медицини: зб. наук. пр. 2020. Т. 27. № 2. С. 76–84. DOI:10.32751/2310-4910-2020-27-29

8. Sotelo-Díaz I., Blanco-Lizarazo C. M. A systematic review of the nutritional implications of military rations. Nutr Health. 2019. 25 (2). P. 153–161. DOI:10.1177/0260106018820980

9. Товма Л. Ф. Особливості комплектування повсякденних наборів сухих продуктів для військовослужбовців у екстремальних умовах бойових дій. Теоретичні та практичні аспекти забезпечення розвитку фінансово-економічних систем в умовах трансформаційних змін: зб. тез доп. міжвуз. наук.-практ. конф., м. Харків, 10 листоп. 2022 р. Харків, 2022. С. 169–172.

10. Гігієнічна оцінка та вимоги до індивідуальних пайків харчування військовослужбовців країн НАТО та ЗСУ / В.В. Чорна та ін. Modern aspects of science. 28- th volume of the international collective monograph. 2023. С. 489–508.

11. Норми харчування військовослужбовців Збройних Сил України та інших військових формувань, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 29 березня 2002 р. № 426 «Офіційний вісник України», 2002 р., № 14, ст. 739; Редакція від 06.03.2024, підстава – 172-2024-п).

12. Лотоцька-Дудик У. Б., Крупка Н. О., Чорна В. В. Сучасний стан та організація харчування військовослужбовців Збройних Сил України в умовах російської агресії проти України. Науковий вісник Ужгородського університету. Медицина. 2023. Вип. 1 (67). С. 89–94. DOI:10.32782/2415-8127.2023.67.16

13. Раціони добового польового набору продуктів – ДПНП-Р. Технічні умови ТУ У 10.8-00034022-201:2018. [Чинний від 04.10.18.]. Міністерство оборони України, 2018. 45 с. URL:https://www.mil.gov.ua/content/ddz/TY_2018/tu_sp.

14. Наказ Міністерства оборони України від 29.04.2020 № 140 "Про затвердження Порядку застосування Каталогу продуктів харчування". URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0444-20

15. Вимоги до новітніх індивідуальних раціонів харчування військовослужбовців ЗС України та країн НАТО / В. В. Чорна та ін. Український журнал військової медицини, 2023. Т. 4. 1. С. 83–93. DOI:10.46847/ ujmm.2023.1(4)-083

16. Товма Л. Ф., Морозов І. Є., Касьянов І. В., Мясников О. В. Обґрунтування необхідності формування бойових сухих пайків і раціонів харчування для забезпечення сил сектору безпеки і оборони України. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2023. Вип. 2 (42). С. 113–118. DOI:10.33405/2409-7470/2023/2/42/293391

17. Moody S. M. Feeding the US Military: The Development of Military Rations. In: Meiselman, H. (eds) Handbook of Eating and Drinking. Springer, Cham. 2019. P. 1–14. URL:https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-75388-1_76-1

18. NATO standard AMedP-1.11 Requirements of individual operational rations for military USE. 2019. URL: NATO standard amedp-1.11 requirements of individual operational rations for military use.

19. Сухпай різних армій світу: де годують краще? URL:https://patriotshop. com.ua/ua/blog/2017/10/05/suhpay

20. Nutrition Science and Food Standards for Military Operations (Nutrition et normes d'alimentation pour les opérations militaires). Final Report of RTO Task Group. URL:natorto.cbw.pl/uploads/2010/3/TR-HFM-154-ALL.pdf.

21. Сухий пайок США. URL:https://blackeagle.com.ua/news/3449/

22. Сухий пайок армії Великої Британії. URL:https://www.mreinfo.com/ international-rations/british24-hour-ration-packs\

23. The only official licensed sales of genuine British Army Ration Packs. Vestey Foods Groups. U. K. 2008. URL:http://rations.vesteyfoods.com.

24. Ahmed M., Mandic I., Lou W., L`Abbe M. R. Comparison of dietary intakes of Canadian armed forces personnel consuming field rations in acute hot, cold, and temperate conditions with standardized infantry activities. Mil med res. 2019. 16. 6 (1). 26 p. DOI:10.1186/s40779-019-0216-7

25. Ahmed M., Mandic I., Desilets E., L`Abbe M. Energy balance of Canadian armed forces personnel during an arctic-like field training exercise. Nutrients. 2020. 2. 12 (6). 1638 p. DOI:10.3390/nu12061638

26. Dietary Intakes From Ad Libitum Consumption of Canadian Armed Forces Field Rations Compared With Usual Home Dietary Intakes and Military Dietary Reference Intakes / M. Ahmed et al. Mil Med. 2023. 188 (1–2) P. 205–213. DOI:10.1093/milmed/usab222

27. All about French army rations. URL:https://www.freezedriedandco.com/all-about-french-army-rations-p-11655

28. Сухпайки для вегетаріанців почали тестувати в ЗСУ. URL:https://www.unian.ua/society/vegetarianski-suhpayki-dlya-zsu-u-viysku-otrimali-testovi-zrazki-video-12129720.html

29. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії: наказ МОЗ від 03.09.2017 № 1073. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#n14.

30. Сімахіна Г. О., Гойко І. Ю., Стеценко Н. О. Функціональна композиція для збагачення харчових продуктів спеціального дієтичного споживання (для військовослужбовців): пат. № 115799 A23J

1/20, A23L 33/10 – 2015 08678.– заяв. 08.09.2015; Опуб. 26.12.2017. Бюл. №. 24.

31. Сімахіна Г. О., Гойко І. Ю., Стеценко Н. О. Розроблення функціональної композиції для збагачення спеціальних харчових продуктів для спецконтингентів: авторське право на твір № 95825; Дата реєстрації авторського права 06.02.2020р. Бюл. № 57. С. 297–298.

32. Сімахіна Г. О., Гойко І. Ю., Стеценко Н. О. Сухий білково-рослинний напівфабрикат з молочної сироватки багатофункціонального призначення для збагачення харчових продуктів спеціального дієтичного споживання (для військовослужбовців): пат. № 116244 A23C 21/08 (2006.01) – 2015 11353.– Заяв. 18.11.2015; Опуб. 26.02.2018, Бюл. № 4.

33. Стеценко Н. О., Сімахіна Г. О., Гойко І. Ю. Обґрунтування складу м'ясо-рослинних консервів для військовослужбовців. Науковий журнал Logos. Мистецтво наукової думки. 2019. № 2. С. 86–89.

REFERENCES

1. Simakhina, H. O., Stetsenko, N. O., Hoyko, I. Y. (2020). Pryntsypy rozroblennya kharchovykh produktiv, adekvatnykh nutrytyvnym potrebam: materialy IX mizhnarodnoyi spetsializovanoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Resurso- ta enerhooshchadni tekhnolohiyi vyrobnytstva i pakuvannya kharchovoyi produktsiyi – osnovni zasady yiyi konkurentozdatnosti» [Principles of development of food products adequate to nutritional needs: materials of the IX international specialized scientific and practical conference "Resource and energy-saving technologies of production and packaging of food products – the main principles of its competitiveness»]. Kyiv.: NUKHT, pp. 15–17. (In Ukrainian).

2. Simakhina, H. O., Stetsenko, N. O., Naumenko, R. Yu. (2018) Scientific justification of the choice of nutrients adequate to human needs: Proceedings of XXVII International scientific conference "Scientific look at the present". Morrisville: Lulu Press., pp. 9–12. (In Ukrainian).

3.Karl,J.P.,Margolis,L.M.,Fallowfield,J.L.(2022). Military nutrition research: Contemporary issues, state of the science and future directions. Eur J Sport Sci., 22 (1), pp. 87–98. DOI:10.1080/17461391.2021.1930192

4. Nichev, N. (2017). Evaluation of the Nutrition of the Bulgarian Army Military Personnel During the Preparation for Participation in Expeditionary Operations. Scientific Bulletin Vol. XXII, no. 2 (44), pp. 256–267. DOI:10.18768/ijaedu.593873

5. Forys-Donahue, K. L., Brooks, R. D., Beymer, M. R., Pecko, J. (2020). The association between nutrition and behavioural health in a US Army population. Public health nutrition, 23 (17), pp. 3059–3066. DOI:10.1017/S1368980020001238

6. Lutz, L. J., Karl, J. P., Hughes, J. M. (2019). Dietary intake in relation to military dietary reference values during army basic combat training; a multi-center, cross-sectional study. Military Medicine, 184 (3–4), pp. 223–230. DOI:10.1093/ milmed/usy153

7. Savyts′kyy, V. L., Deputat, Yu. M., Ivan′ko, O. M., Horishna, O. V. (2020). Dosvid zastosuvannya indyvidual′nykh ratsioniv kharchuvannya viys′kovosluzhbovtsiv: realiyi ta perspektyvy [Experience of using individual food rations of military personnel: realities and prospects]. Suchasni aspekty viys′kovoyi medytsyny: zb. nauk. pr. [Modern aspects of military medicine: collection of scientific papers]. Vol. 27, no. 2, pp. 76–84. DOI:10.32751/2310-4910-2020-27-29 (In Ukrainian).

8. Sotelo-Díaz I., Blanco-Lizarazo C. M. (2019). A systematic review of the nutritional implications of military rations. Nutr Health., 25 (2), pp. 153–161. DOI:10.1177/0260106018820980

9. Tovma, L. F. (2022) Osoblyvosti komplektuvannya povsyakdennykh naboriv sukhykh produktiv dlya viys′kovosluzhbovtsiv u ekstremal′nykh umovakh boyovykh diy [Peculiarities of assembling everyday sets of dry products for servicemen in extreme combat conditions]. Teoretychni ta praktychni aspekty zabezpechennya rozvytku finansovo-ekonomichnykh system v umovakh transformatsiynykh zmin: zb. tez dop. mizhvuz. nauk.-prakt. konf., m. Kharkiv, 10 lystop. 2022 r [Theoretical and practical aspects of ensuring the development of financial and economic systems in conditions of transformational changes: coll. theses add. interuniversity science and practice conf. Kharkiv, November 10. 2022]. Kharkiv, pp. 169–172. (In Ukrainian).

10. Chorna, V. V., Kozyarin, I. P., Podolyan, V. M., Ivashkevych, Ye. M., Strutyns′ka, O. B., Hudzevych, L. S. (2023). Hihiyenichna otsinka ta vymohy do indyvidual′nykh paykiv kharchuvannya viys′kovosluzhbovtsiv krayin NATO ta ZSU. [Hygienic assessment and requirements for individual food rations of servicemen of NATO countries and the Armed Forces of Ukraine]. Modern aspects of science. 28- th volume of the international collective monograph. pp. 489–508. (In Ukrainian).

11. Normy harchuvannja vijs'kovosluzhbovciv Zbrojnyh Syl Ukrai'ny ta inshyh vijs'kovyh formuvan', zatverdzhenyh postanovoju Kabinetu Ministriv Ukrai'ny vid 29 bereznja 2002 r. № 426 «Oficijnyj visnyk Ukrai'ny» 2002 r., № 14, st. 739; Redakcija vid 06.03.2024, pidstava – 172-2024-p) [Food standards for servicemen of the Armed Forces of Ukraine and other military formations, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution of March 29, 2002 No. 426 "Official Gazette of Ukraine", 2002, No. 14, Art. 739; Redaction dated 06.03.2024, basis - 172-2024-p)]. (In Ukrainian).

12. Lotots′ka-Dudyk U. B., Krupka N. O., Chorna V. V. (2023). Suchasnyy stan ta orhanizatsiya kharchuvannya viys′kovosluzhbovtsiv Zbroynykh Syl Ukrayiny v umovakh rosiys′koyi ahresiyi proty Ukrayiny [The current state and organization of food for servicemen of the Armed Forces of Ukraine in the conditions of Russian aggression against Ukraine]. Naukovyy visnyk Uzhhorods′koho universytetu, seriya «Medytsyna» [Scientific Bulletin of Uzhhorod University, "Medicine" series], Issue 1 (67), pp. 89–94. DOI:10.32782/2415-8127.2023.67.16 (In Ukrainian).

13. Ratsiony dobovoho pol′ovoho naboru produktiv – DPNP-R. Tekhnichni umovy TU U 10.8-

00034022-201:2018. Chynnyy vid 04.10.18. Ministerstvo oborony Ukrayiny [Rations of a daily field set of products - DPNP-R.Technical conditions of TU U 10.8-00034022-201:2018. Valid from 04.10.18. Ministry of Defence Ukraine]. 2018, 45 p. Available at:https://www.mil.gov.ua/content/ddz/TY_2018/tu_sp (In Ukrainian).

14. Nakaz Ministerstva oborony Ukrayiny vid 29.04.2020 № 140 «Pro zatverdzhennya Poryadku zastosuvannya Katalohu produktiv kharchuvannya» [Order of the Ministry of Defense of Ukraine dated April 29, 2020 No. 140 «On approval of the Procedure for the Application of the Catalog of Food Products»]. Available at:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0444-20 (In Ukrainian).

15. Chorna, V. V., Lotots′ka-Dudyk, U. B., Podolyan, V. M., Ivashkevych, Ye. M., Tomashevs′kyy, A. V. (2023). Vymohy do novitnikh indyvidual′nykh ratsioniv kharchuvannya viys′kovosluzhbovtsiv ZS Ukrayiny ta krayin NATO [Requirements for the latest individual food rations of servicemen of the Armed Forces of Ukraine and NATO countries]. «Ukrayins′kyy zhurnal viys′kovoyi medytsyny» ["Ukrainian Journal of Military Medicine"], Vol. 4, 1, pp. 83–93. DOI:10.46847/ujmm.2023.1(4)-083 (In Ukrainian).

16. Tovma, L. F., Morozov, I. Ye., Kas′yanov, I. V., Myasnykov, O. V.(2023). Obgruntuvannya neobkhidnosti formuvannya boyovykh sukhykh paykiv i ratsioniv kharchuvannya dlya zabezpechennya syl sektoru bezpeky i oborony Ukrayiny [Justification of the need for the formation of combat dry rations and food rations to ensure the forces of the security and defense sector of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats′ Natsional′noyi akademiyi Natsional′noyi hvardiyi Ukrayiny [Collection of scientific works of the National Academy of the National Guard of Ukraine]. Issue 2 (42), pp. 113–118. DOI:10.33405/2409-7470/2023/2/42/293391(In Ukrainian).

17. Moody, S. M. (2019). Feeding the US Military: The Development of Military Rations. In: Meiselman, H. (eds). Handbook of Eating and Drinking. Springer, Cham. pp. 1–14. DOI:10.1007/978-3-319-75388-1_76-1

18. NATO standard AMedP-1.11 Requirements of individual operational rations for military USE. 2019. Available at:NATO standard amedp-1.11 requirements of individual operational rations for military use.

19. Sukhpay riznykh armiy svitu: de hoduyut′ krashche? [Sukhpay of different armies of the world: where is it fed better?]. Available at:https://patriotshop.com.ua/ ua/blog/2017/10/05/suhpay (In Ukrainian).

20. Nutrition Science and Food Standards for Military Operations (Nutrition et normes d'alimentation pour les opérations militaires). Final Report of RTO Task Group. Available at:natorto.cbw.pl/uploads/2010/3/TR-HFM-154-ALL.pdf.

21. Sukhyy payok SSHA [Dry rations of the USA]. URL: https://blackeagle.com.ua/news/3449/

22. Sukhyy payok armiyi Velykoyi Brytaniyi [Dry rations of the army of Great Britain]. URL: https://www.mreinfo.com/international-ations/british24-hour-ration-packs

23. The only official licensed sales of genuine British Army Ration Packs. Vestey Foods Groups. U. K. 2008. Available at:http://rations.vesteyfoods.com.

24. Ahmed, M., Mandic, I., Lou, W., L`Abbe, M. R. (2019). Comparison of dietary intakes of Canadian armed forces personnel consuming field rations in acute hot, cold, and temperate conditions with standardized infantry activities. Mil med res. 16, 6 (1), 26 p. DOI:10.1186/s40779-019-0216-7

25. Ahmed, M., Mandic, I., Desilets, E., L`Abbe, M. (2020). Energy balance of Canadian armed forces personnel during an arctic-like field training exercise. Nutrients. 2, 12 (6), 1638 p. DOI:10.3390/nu12061638

26. Ahmed, M., Mandic, I., Lou, W., Goodman, L., Jacobs, I., L' Abbé, M. R. (2023). Dietary Intakes From Ad Libitum Consumption of Canadian Armed Forces Field Rations Compared With Usual Home Dietary Intakes and Military Dietary Reference Intakes. Mil Med. 188 (1–2), pp. 205–213. DOI:10.1093/milmed/usab222

27. All about French army rations. Available at:https://www.freezedriedandco. com/all-about-french-army-rations-p-11655

28. Sukhpayky dlya vehetariantsiv pochaly testuvaty v ZSU [Dry food for vegetarians began to be tested in the Armed Forces]. Available at:https://www. unian.ua/society/vegetarianski-suhpayki-dlya-zsu-u-viysku-otrimali-testovi-zrazki-video-12129720.html (In Ukrainian).

29. Pro zatverdzhennya Norm fiziolohichnykh potreb naselennya Ukrayiny v osnovnykh kharchovykh rechovynakh i enerhiyi: nakaz MOZ vid 03.09.2017 № 1073 [On the approval of the Norms of physiological needs of the population of Ukraine in basic food substances and energy: order of the Ministry of Health of September 3, 2017 No. 1073]. Available at:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#n14. (In Ukrainian).

30. Simakhina, G. O., Hoyko, S. Y., Stetsenko, N. O. (2017). Funkcional'na kompozycija dlja zbagachennja harchovyh produktiv special'nogo dijetychnogo spozhyvannja (dlja vijs'kovosluzhbovciv): pat. № 115799 A23J 1/20 , A23L 33/10 – 2015 08678.– zajav. 08.09.2015; Opub.26.12.2017. Bjul. №. 24 [Functional composition for the enrichment of food products for special dietary consumption (for military personnel): pat. No. 115799 A23Й 1/20 , A23Л 33/10 – 2015 08678.– application. 09/08/2015; Pub. 26.12.2017. Bul. No. 24]. (In Ukrainian).

31. Simakhina, G. O., Hoyko, S. Y., Stetsenko, N. O. (2020). Rozroblennja funkcional'noi' kompozycii' dlja zbagachennja special'nyh harchovyh produktiv dlja speckontyngentiv: avtors'ke pravo na tvir № 95825; Data rejestracii' avtors'kogo prava 06.02.2020r. Bjul. № 57 [Development of a functional composition for the enrichment of special food products for special contingents: copyright of the work No. 95825; Copyright registration date February 6, 2020. Bul. No. 57]. pp. 297–298. (In Ukrainian).

32. Simakhina, G. O., Hoyko, S. Y., Stetsenko, N. O. (2018). Cuhyj bilkovo-roslynnyj napivfabrykat z molochnoi' syrovatky bagatofunkcional'nogo pryznachen-

nja dlja zbagachennja harchovyh produktiv special'nogo dijetychnogo spozhyvannja (dlja vijs'kovosluzhbovciv): pat. № 116244 A23C 21/08 (2006.01) – 2015 11353.– Zajav. 18.11.2015; Opub. 26.02.2018, Bjul. № 4 [Dry protein-vegetable semi-finished product from milk whey of multifunctional purpose for the enrichment of food products for special dietary consumption (for military personnel): pat. No. 116244 A23Ц 21/08 (2006.01) – 2015 11353.– Application. 11/18/2015; Pub. 26.02.2018, Bul. No. 4]. (In Ukrainian).

33. Stetsenko N.O., Simakhina H.O., Hoyko I.Y. (2019). Obgruntuvannya skladu m″yaso-roslynnykh konserviv dlya viys′kovosluzhbovtsiv [Justification of the composition of canned meat and vegetables for military personnel]. Naukovyy zhurnal `Logos [Scientific magazine `Logos]. Mystetstvo naukovoyi dumky`[The art of scientific thought], no. 2, pp. 86–89. (In Ukrainian).

Analysis and trends in the organisation of military catering in different countries of the world

Goyko I., Stetsenko N.

The state of nutrition of military personnel is one of the main features that determine the combat capability of the military contingent, especially in the context of russia's large-scale invasion of our country. The high physical and moral and psychological stresses faced by military personnel while performing combat missions lead, first and foremost, to a significant increase in the body's need for essential substances, such as vitamins and minerals. In order to maintain a high level of combat capability, physical and emotional state of servicemen and to perform combat missions, it is necessary to provide personnel with adequate nutrition in the field with a cut-off from supply bases.

In accordance with the purpose of the work, the article provides a scientific analysis and coverage of the current state of nutrition of the Armed Forces of Ukraine servicemen, compared to the armies of the world's leading countries, in accordance with the current legislative and regulatory documents.

It is shown that Norm No. 10, which is used by the Armed Forces of Ukraine servicemen in the field, contains canned meat and meat and vegetable products that are ready for consumption, and Norm No. 15 contains ready-to-eat dishes (biscuits, crackers, jam, honey, spices). In addition, an enhanced dry ration with dried fruit, dark chocolate, ready-to-eat meat and instant coffee was developed for servicemen directly involved in combat operations.

The author has analysed the food supply of personnel in the armies of different countries of the world and considered the principles of their formation.

It is found that the food rations for the military personnel of the Armed Forces of Ukraine meet the current physiological standards in terms of energy value and are not inferior to those abroad, but the analysis of their composition showed the absence of dairy products, vegetables, fruits and dishes for vegetarians.

To diversify the rations, it is proposed to use foods of increased nutritional value enriched with functional ingredients.

Keywords: servicemen, army, rations, dry rations, food products, energy value.

Copyright: Гойко І.Ю., Стеценко 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:
Гойко І.Ю. https://orcid.org/0000-0000-1680-5087
Стеценко Н.О. https://orcid.org/0000-0001-6710-024X

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 637.18

Дослідження формування структури молочних десертів з комбінованим складом сировини під впливом технологічних чинників

Рудакова Т.В.[1], Мінорова А.В.[1], Моісеєва Л.О.[1], Крушельницька Н.Л.[1], Наріжний С.А.[2], Король-Безпала Л.П.[2]

[1] Інститут продовольчих ресурсів НААН
[2] Білоцерківський національний аграрний університет

Наріжний С.А. E-mail: sergiynarizhnyy@gmail.com

OPEN ACCESS

Рудакова Т.В., Мінорова А.В., Моісеєва Л.О., Крушельницька Н.Л., Наріжний С.А., Король-Безпала Л.П. Дослідження формування структури молочних десертів з комбінованим складом сировини під впливом технологічних чинників. «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 136–144.

Rudakova T., Minorova A., Moiseeva L. Krushelnytska N., Narizhnyy S., Korol-Bezpala L. Research on the formation of the structure of dairy desserts with a combined composition of raw materials under the influence of technological factors. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 136–144.

Рукопис отримано: 28.04.2024 р.
Прийнято: 13.05.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-136-144

Молочні продукти – складні за хімічним складом та наділені комплексом різноманітних властивостей, які впливають на якість готового продукту, зокрема, структуру. Вимоги споживачів до якості продуктів харчування постійно зростають, що спричинює удосконалення технологічних процесів. Тому дослідження впливу технологічних чинників під час виробництва молочних продуктів десертного призначення на формування їх структури є актуальним питанням.

Метою роботи було дослідження впливу технологічних чинників, зокрема, різних температурних режимів фасування на структуру готового продукту.

У статті представлено результати досліджень щодо формування структури пудингу і крему, розфасованих за різних температур. Показано, що криві плинності молочних десертів, характерні для тиксотропних систем, змінюють структуру під впливом механічних навантажень. Встановлено, що зразки молочних десертів, розфасованих відразу після термомеханічного оброблення, мали менший коефіцієнт тиксотропності порівняно із зразками, розфасованими після охолодження. Встановлено, що в'язкість молочного десерту на основі ретентату була на 10–20 % нижчою, ніж в'язкість аналогічного продукту на основі маслянки. Крім того, значення в'язкості для пудингу на основі ретентату були вищими на 20–30 %, ніж для крему.

Доведено, що температура фасування молочних десертів, як один із вирішальних технологічних чинників, має вплив на формування структури, і, як наслідок, на якість готового продукту. Так, для отримання молочних десертів з консистенцією, властивою для пудингу або крему, необхідним є фасування за температури не нижче 65 °С. При цьому в'язкість і гранична напруга зсуву для крему повинні бути в межах 55...75 Па·с і 70...100 Па, відповідно, для пудингу – 117...124 Па·с і 90...110 Па, відповідно.

Ключові слова: молочні десерти, креми, пудинги, комбінований склад сировини, температурні режими, фасування, структура, реологічні показники, якість.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Найважливішою умовою отримання дисперсних систем із заданими структурно-механічними властивостями є управління різними видами впливів, за яких забезпечуються необхідні значення реологічних характеристик продукту протягом усього технологічного процесу. Під час перероблення харчової системи (продукту) питання зміни деформації у часі та збереження структури (форми) готового продукту мають важливе практичне значення. Відомо, що після утворення будь-якої дисперсної структури відбувається її зміцнення, що полягає в переорієнтації окремих ділянок макромолекул у просторі, які займають вигідніше положення, що спричинює зменшення вільної енергії системи. Додаткові зв'язки, що виникають в результаті цього, зміцнюють початкову структуру. У міру подальшої структурної організації (або старіння), коли система стає жорсткішою, спостерігається явище синерезису, що відбувається в результаті ущільнення та звільнення частини рідкої фази. Синерезис перебігає з різною швидкістю. Цьому сприяють такі самі фактори, що під час коагуляції, а також зростання гнучкості та рухливості коагуляційної структури [1, 2].

Для отримання молочних десертів застосовують різноманітні технологічні прийоми для стабілізації структури. Більшість способів отримання молочних десертів передбачають наступні етапи: підготування стабілізатора структури, складання і перемішування суміші, її теплове оброблення, охолодження готового продукту [3–6]. Так, у способі виробництва збитого кисломолочного десерту спочатку готують стабілізатор структури: ксантан замочують у маслянці для набухання за температури 30±5 °С протягом 30±5 хвилин, потім розчиняють за температури 35±5 °С протягом 80±10 хвилин і пастеризують за температури 85±2 °С з витримуванням протягом 5 хвилин, і охолоджують. Далі ксантан перемішують із сумішшю, що складається із маслянки та підготовленого УФ-молочно-білкового концентрату на основі маслянки у співвідношеннях 33–40:67–60, після чого додають суміш цукру зі смаковим наповнювачем і перемішують, охолоджують та збивають протягом 5–7 хвилин, проводять стабілізацію структури протягом 2–3 годин [7]. У разі отримання молочного крему готують суміш підігрітої до температури 30–40 °С молочної сироватки (можливо застосування незбираного молока або знежиреного) із просіяним цукром з подальшим ретельним перемішуванням. Здійснюється підігрівання суміші до температури 50–55 °С з наступним очищенням, тепловим обробленням за температури 74–76 °С, витримуванням 15–20 с, охолодженням до 20–30 °С і додаванням за постійного перемішування пектину наповнювачів: сухих яблучних, фруктових або овочевих порошків [8].

Відомий спосіб отримання десерту, що передбачає підготування стабілізатора структури: желатин розчиняють у питній воді за температури 70–75 °С протягом 2–3 хвилин, після чого змішують із УФ-концентратом маслянки або знежиреного молока з фактором концентрування 1,5–2,0, вершками 15–20 % жирності та цукром. Отриману суміш перемішують та пастеризують за температури 87–90 °С протягом 10–15 хвилин, за 1–3 хвилини до завершення процесу пастеризації вводять смаковий наповнювач разом із консервантом або без нього, після чого охолоджують продукт до температури 2–6 °С та витримують протягом 3,5–4,0 годин [9].

У деяких способах отримання молочних десертів застосовують фасування без охолодження до температури 20 °С [10, 11]. Також відомий спосіб виробництва молочного пудингу, в якому проводять розчинення сухого незбираного молока у підігрітому до температури 38–45 °С знежиреному або нормалізованому молоці з наступним додаванням цукру та наповнювача. Суміш ретельно перемішують та піддають пастеризації за температури 90 °С з витримуванням протягом 50–60 с. Після фільтрування суміш направляють на гомогенізацію з наступним охолодженням до 55–60 °С і фасуванням за цієї температури. Доохолодження розфасованого пудингу проводять за температури 2±2 °С протягом 30–36 год. [12].

Дослідження, орієнтовані на вивчення формування структури молочних десертів під впливом різних технологічних чинників, представлено у наукових працях Г. Є. Поліщук, Ф. В. Перцевого, В. А. Гніцевич, Г. В. Дейниченко, Т. І. Юдіної, В. С. Баранової, О. О. Гринченка, Ю. В. Назаренка, З. В. Василенка, T. C. Schoenfuss, C. Chakraborty, I. A. Kurmann, A. Forgeeding, B. Kilinc, O. R. Fennema, S. Damodaran, T. E. Creighton та інших. Науковцями розроблено технології десертних продуктів, зокрема, на основі молочної вторинної сировини з використанням різних видів стабілізаторів структури.

Однак питанню формування структури молочних десертів під час фасування не надано належної уваги. Тому актуальним є дослідження впливу технологічних чинників, зокрема, за різних температурних режимів фасування, на структуроутворення молочних десертів із застосуванням у складі стабілізаторів структури білкових та вуглеводних компонентів.

Метою роботи було дослідження реологічних показників молочних десертів (крему і пудингу) на основі маслянки або ретентату під час їх виробництва, зокрема, впливу різних температурних режимів фасування на структуру готового продукту.

Матеріали та методи досліджень. Предметом досліджень були молочні десерти (пудинг і крем) на основі вторинної молочної сировини (маслянка і ретентат) з використанням білкових компонентів (сухе знежирене молоко, сухий концентрат сироваткових білків (КСБ), отримані ультрафільтрацією з масовою часткою білка 80 %; сироватка підсирна демінералізована суха (ССД), отримана методом нанофільтрації з рівнем демінералізації 40 %, желатин і вуглеводні компоненти (рисове борошно, пектин високометоксильований, інулін, кукурудзяний крохмаль).

Термомеханічне оброблення молочної суміші із комбінованим складом проводили на роторно-вихровому емульгаторі Я5-ОЕВ.

Ефективну в'язкість молочних десертів визначали на ротаційному віскозиметрі ATAGO-895 VISCO з використанням вимірювальних циліндрових пристроїв S/S_2 за методикою для вимірювання до обладнання [1, 13].

На першому етапі досліджень будували криві плинності (реограми) у діапазоні зростання та зменшення швидкості деформації від 0,33 до 145,8 $с^{-1}$ для зразків молочних десертів, розфасованих за температури 25, 45, 65 та 85 °С. Визначення реологічних показників молочних десертів проводили за температури (20±2) °С.

Результати дослідження та обговорення. Для отримання продуктів високої якості велику увагу приділяють реологічним дослідженням, оскільки вони достеменно визначають поведінку продукту в умовах напруженого стану, дозволяють пов'язати між собою напруження та деформації в процесі прикладення зусиль, отримати характеристику процесу. Тому вивчення структурно-механічних властивостей молочних десертів, визначених аналізуванням кривих течії, дає можливість охарактеризувати поведінку харчової системи (продукту) під впливом навантажень та швидкості деформації, що має велике практичне значення.

Отримані графічні залежності напруги зсуву (τ) від швидкості зсуву (γ) пудингу і крему, вироблених на основі маслянки і ретентату, зображено на рисунках 1 і 2, відповідно.

Криві течії $\tau = f(\gamma)$ (рис. 1 і 2) молочних десертів, характерні для тиксотропних систем, змінюють структуру під впливом механічних навантажень та відновлюють початкову структуру після припинення цієї дії. Спрямування кривої вгору характеризує руйнування дисперсної системи. Опущення кривої характеризує відновлення системи, яке пояснюється зберіганням залишкової деформації після сильного послаблення структури під впливом раніше прикладеної напруги. Таку поведінку системи прийнято називати гистерезисом, що на кривій течії має вигляд «петлі Гистерезису». За шириною «петлі Гистерезису» можна дати відносну оцінку ступеня структуроутворювальних процесів у дисперсній системі [1, 2].

Як показали експериментальні дослідження (рис. 1 і 2), молочні десерти можна віднести до неньютонівських систем, або аномальних через початок одержаних кривих, які не збігаються з початком координат [2, 14]. У разі зростання напруги зсуву спостерігається певний період псевдопластичної течії, після чого настає справжня пластична течія, тобто, спостерігається пропорційність між швидкістю та напругою зсуву.

Як видно із рисунків 1 і 2, ширина «петлі Гистерезису» кривих течії залишається практично однаковою для усіх видів молочного десерту, розфасованих за різних температурних режимів. Різниця між зруйнованою та відновленою структурою (за $\gamma = 48{,}6$ $с^{-1}$) крему на основі маслянки, розфасованого за температури 25 і 45 °С, становила 16,9 Па; розфасованого за температур 65 і 85 °С – 25,3 Па (рис. 2а). На відміну від нього пудинг, розфасований за різних температурних режимів, відновлює структуру після руйнування більшою мірою (рис. 1).

Отримані експериментальні дані корелювали з результатами визначення коефіцієнта тиксотропності молочних десертів (рис. 1 і 2). Так, молочний десерт, розфасований одразу після термомеханічного оброблення, мав менший коефіцієнт тиксотропності порівняно з десертом, розфасованим після охолодження, що свідчить про підвищену частку коагуляційних зв'язків у структурі [2]. Коефіцієнт тиксотропності характеризує здатність відновлювати структуру після руйнування.

Описану вище особливість прояву тиксотропних властивостей дисперсних систем можна пояснити так. Під час досягнення рівноважного ступеня руйнування структури в потоці і перебігу її за заданим градієнтом швидкості зсуву з постійною напругою зсуву відбувається рівноважне руйнування поперечних напрямків потоку зв'язків і орієнтація анізометричних частинок уздовж потоку. Чим вища швидкість зсуву, тим менше поперечних зв'язків відновлюється в потоці [2, 14].

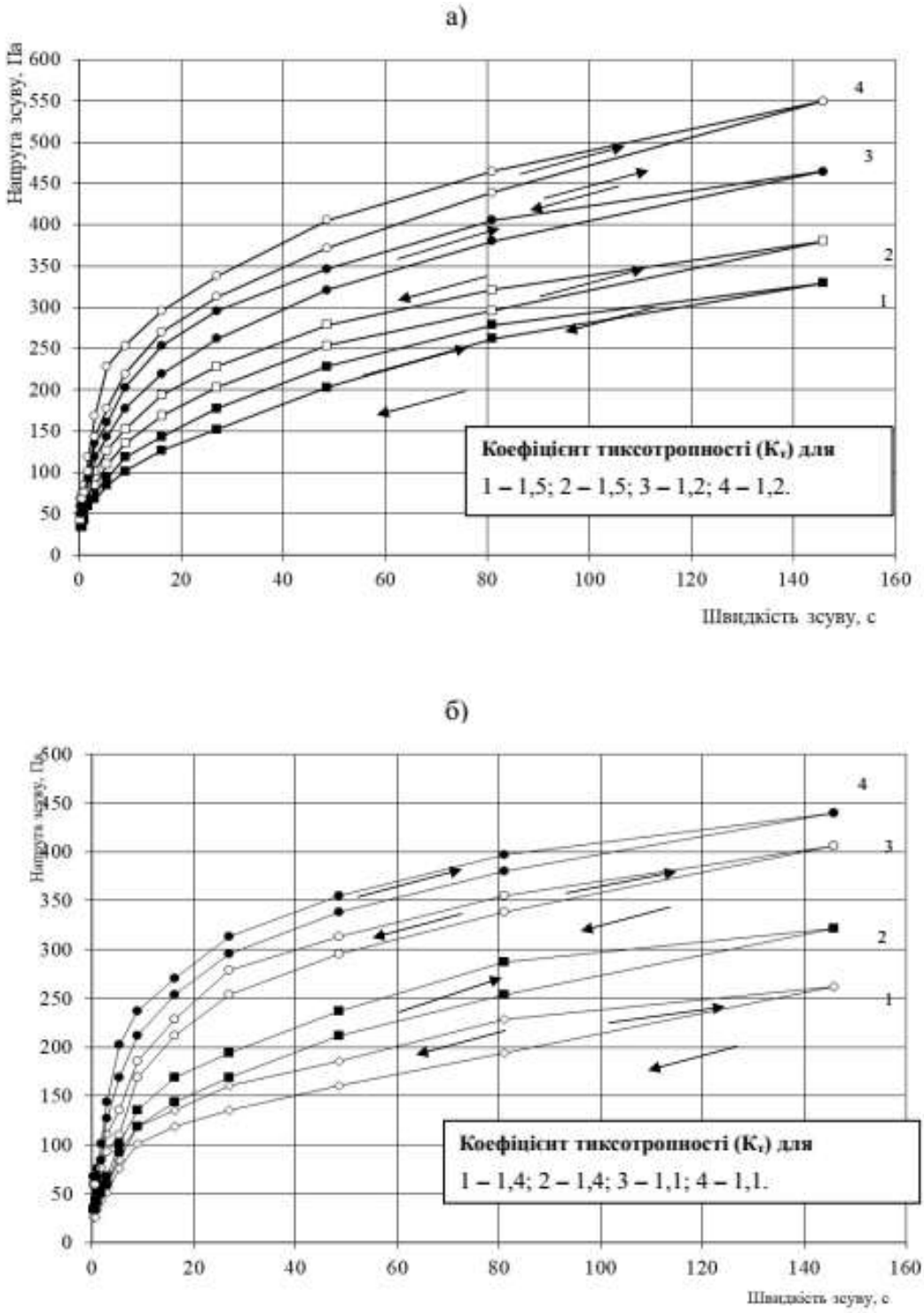


Рис. 1. **Криві течії пудингу на основі ретентату (а) і маслянки (б), залежно від температури фасування, (°С):** 1 – 25; 2 – 45; 3 – 65; 4 – 85

Тривале механічне оброблення молочних десертів після клейстеризації крохмалю або желювання під дією пектину після охолодження до температур 25 і 45 °С призводить до зростання кількості пошкоджених після набухання гранул внесеного стабілізувального компоненту. Внаслідок цього відбувається глибоке руйнування структури та порушення орієнтації кінетичних одиниць течії. Поверхня частинок молочного десерту, розфасованого за температури 65 і 85 °С, що утворює просторову сітку коагуляційної структури, в енергетичному плані дуже неоднорідна. Тому за взаємних переміщень цих частинок зро-

стає ймовірність виникнення міцних зв'язків на найбільш енергетично активних ліофобних ділянках макромозаїчної поверхні [2, 14, 15]. Тобто фасування пудингу і крему за вищих температурних режимів сприяє прискореному відновленню тиксотропної структури.

Таким чином, фасування молочних десертів за температури 65 і 85 °С дає змогу збільшити відновлюваність структури після механічного впливу набагато краще, ніж фасування аналогічного продукту за температури 25 і 45 °С (рис. 1 і 2).

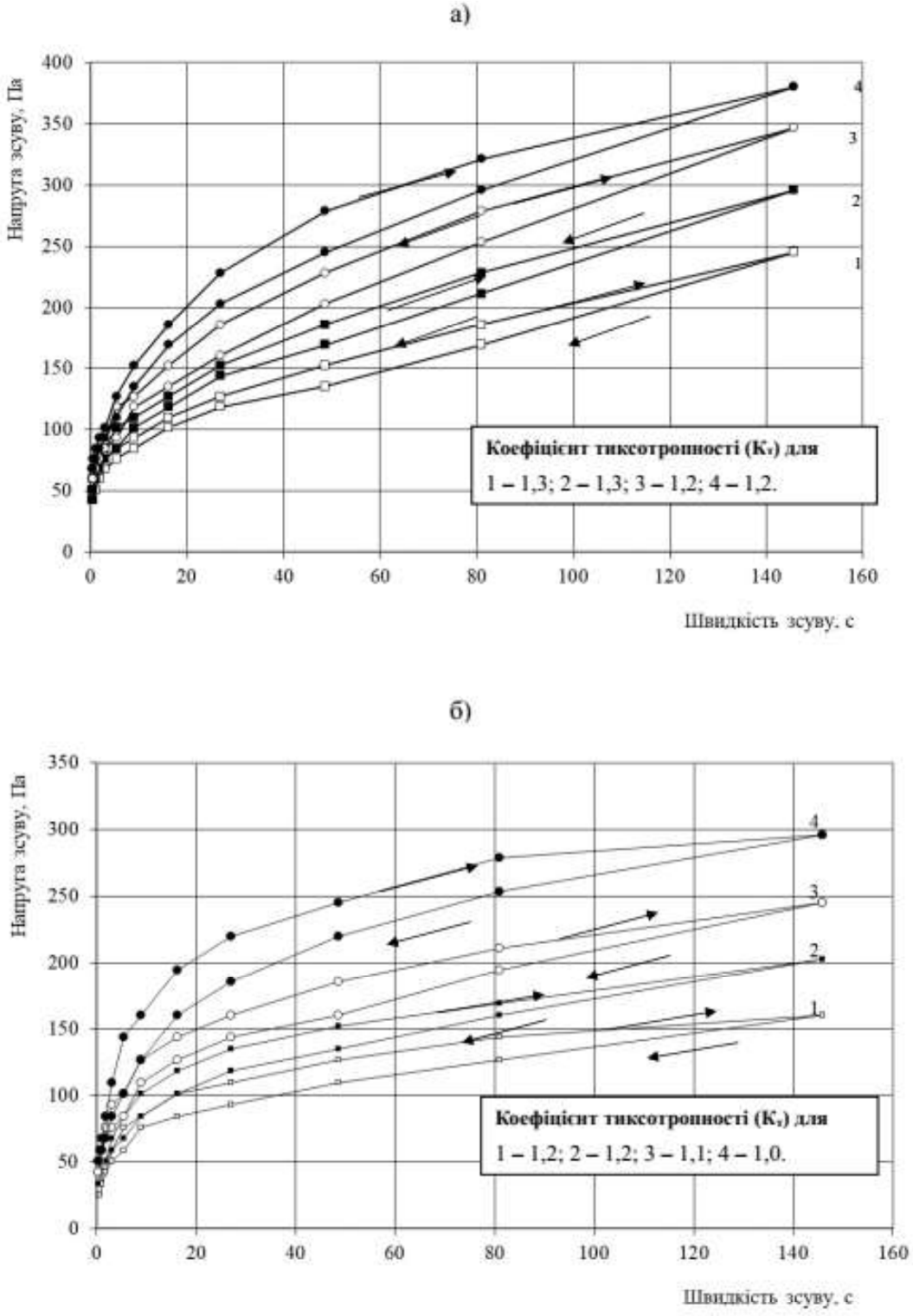


Рис. 2. **Криві течії крему на основі ретентату (а) і маслянки (б) залежно від температури фасування, (°С):** 1 – 25; 2 – 45; 3 – 65; 4 – 85

Отримані криві течії (рис. 1 і 2) молочних десертів, розфасованих за різних температур, у нелінійній ділянці можна апроксимувати реологічною моделлю Гершеля-Балклі, що описує перебіг в'язко-пластичних матеріалів [7, 9]:

$$\tau = \tau_o + B^*\gamma^n, \quad (1)$$

де τ – напруга зсуву між шарами продукту, Па;

τ_o – гранична напруга зсуву, тобто, напруга, за досягнення якої в системі починається розвиток незворотних деформацій – течій, Па;

B^* – в'язкість за одиничного значення градієнту швидкості, Па·с;

γ – відносний градієнт швидкості, чисельно дорівнює швидкості зсуву, $с^{-1}$;

n – індекс течії, який характеризує кут нахилу лінії течії в логарифмічних шкалах, тобто дорівнює $\frac{d\lg\tau}{d\lg\gamma}$.

Реологічні параметри кривих течії, розраховані за моделлю Гершеля-Балклі, зведено в таблиці 1.

У результаті аналізування отриманих даних (табл. 1) можна стверджувати, що в'язкість молочних десертів, розфасованих одразу після термомеханічного оброблення, була ~ на 50 % вищою, ніж розфасованих після охолодження. Водночас слід зазначити, що в'язкість молочного десерту на основі ретентату була ~ на 10–20 % нижчою, ніж в'язкість аналогічного продукту на основі маслянки. Хоча значення в'язкості для пудингу на основі ретентату були ще вищими ~ на 20–30 %, ніж крему на основі ретентату. При цьому показники індексу течії практично не різнилися.

На основі аналізу отриманих експериментальних даних можна зробити висновок, що молочні десерти здатні мимоволі відновлюватися після руйнації. Водночас після руйнування міцність продукту наростає поступово, внаслідок броунівського руху високодисперсних частинок, потрапляючи на коагуляційні контакти. Крім того, течія системи починається тільки після досягнення критичного значення напруги зсуву (межі плинності), після якого спостерігається пластичний перебіг. Згідно з класифікацією акад. П. А. Ребіндера [2], молочні десерти можна віднести до пластично-в'язких структурованих систем коагуляційного типу. Такі системи утворені взаємодією між частинками та молекулами через прошарки дисперсійного середовища за рахунок Ван-Дер-Ваальсових сил зчеплення [2, 13].

Відзначено негативний вплив механічних навантажень на молочну суміш, які виникають у процесі охолодження. Можна припустити, що погіршення консистенції (розрідження) відбувається внаслідок часткової деструкції крохмалю або пектину, які нестійкі до високих зсувних навантажень у гідратованому вигляді. Через деструкцію крохмалю або пектину знижується їх вологозв'язувальна здатність і, як наслідок, знижується в'язкість системи [14]. Тому для отримання молочних десертів з консистенцією, властивою для пудингу або крему, їх слід розфасовувати за температури не нижче 65 °С. В'язкість і гранична напруга зсуву (ГНЗ) для крему повинні бути в межах 55...75 Па·с і 70...100 Па, відповідно, для пудингу – 117...124 Па·с і 90...110 Па, відповідно.

Таблиця 1 – **Реологічні параметри молочних десертів, розфасованих за різних температур ($\overline{X}$ ±m; m ≤ 0,05)**

Показник	Молочний десерт, розфасований за різних температур, на основі							
	маслянки				ретентату			
	25±1	45±1	65±1	85±1	25±1	45±1	65±1	85±1
к р е м								
В'язкість (B^*), Па·с	29,3	36,3	53,1	59,0	35,5	46,4	56,7	60,3
Індекс течії (n)	0,27	0,27	0,29	0,31	0,29	0,29	0,3	0,3
Гранична напруга зсуву (τ_o), Па	36,4	45,2	61,7	73,9	45,5	56,3	68,0	77,2
п у д и н г								
В'язкість (B^*), Па·с	38,0	47,9	59,9	68,7	42,4	55,8	69,7	76,9
Індекс течії (n)	0,36	0,36	0,39	0,4	0,31	0,34	0,34	0,36
Гранична напруга зсуву (τ_o), Па	48,1	66,1	88,2	105,4	58,2	67,7	80,1	87,7

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що температура фасування є одним з вирішальних технологічних чинників, який впливає на формування структури продукту. Молочні десерти, розфасовані одразу після термомеханічного оброблення, характеризуються однорідною, в міру щільною консистенцією. В'язкісні та міцнісні характеристики продукту, розфасованого після охолодження до 25 °С, значно знижуються, консистенція при цьому стає м'якою, однорідною і текучою. Механічні навантаження, які виникають у процесі охолодження, мають негативний вплив на молочну суміш. Криві течії молочних десертів, характерні для тиксотропних систем, змінюють структуру під впливом механічних навантажень та відновлюють початкову структуру після припинення цієї дії. Різниця між зруйнованою та відновленою структурою (за $\gamma = 48{,}6\ с^{-1}$) крему на основі маслянки, розфасованого за температур 25 і 45 °С, становила 16,9 Па; розфасованого за температур 65 і 85 °С – 25,3 Па. На відміну від цього пудинг, розфасований за різних температурних режимів, відновлює структуру після руйнування більшою мірою.

Для отримання молочних десертів з консистенцією, властивою для пудингу або крему, їх слід розфасовувати за температури не нижче 65 °С. При цьому в'язкість і ГНЗ для крему повинні бути в межах 55...75 Па·с і 70...100 Па, відповідно, для пудингу – 117...124 Па·с і 90...110 Па, відповідно.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Barnes H. A., Hutton J. F., Waiters K. An introduction to rheology. Elsevier Science Publishers B.V., 1989. 201 p.

2. Fox P. F. Developments in Dairy Chemistry: Functional milk proteins. Elsevier Applied Science, 1982. 383 p.

3. Bakshi P., Yadav A., Chandra R., Yadav B. Development of a process to prepare milk based dessert using bottle gourd and rice powder. Asian Journal Of Dairy and Food Research. 2019. Vol. 38. Issue 1. P. 1–6. URL:https:// arccjournals.com/journal/asian-journal-of-dairy-and-food-research/DR-1375.

4. Balaghi S., Senge B. Structural development of semi-solid dairy desserts influenced by hydrocolloids and temperature: Rheology and particle size distribution. International Dairy Journal. Vol. 39. Issue 1. 2014. P. 184–192. DOI:10.1016/j. idairyj.2014.06.007.

5. Formulation of plant-based yogurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory, and functional properties / K. Huang et al. Food Bioscience, 2022. 49. P. 101–131. DOI:10.1016/j.fbio.2022.101831.

6. Дейниченко Г. В., Юдіна Т. І., Ветров В. М. Використання екзополісахариду ксантану в виробництві структурованих молочних десертів. Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини: зб. тез І міжгалуз. міжнар. наук.-практ. конф. Д.: ДонДУЕТ, 2005. С. 165–167.

7. Дейниченко Г. В., Юдіна Т. І., Самохвалова О. В., Ветров В. М. Спосіб виробництва збитого кисломолочного десерту: пат. 71825, Україна, МПК 7 А 23 С 23/00. № 20031212920; заявл. 29.12.03; опубл. 15.12.04, Бюл. № 12. 3 с.

8. Borreani J., Llorca E., Quiles A., Hernando I. Designing dairy desserts for weight management: Structure, physical properties and in vitro gastric digestion. Food Chemistry, 2017. 220. P. 137–144. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.09.202.

9. Дейниченко Г. В., Золотухіна І. В., Федак В. І., Скрипка К. А. Спосіб отримання десерту: пат. на корисну модель 110413, Україна, МПК А23С 23/00; патентовласник Харк. держ. ун-т харчув. та торгівлі. № u201603246; заявл. 29.03.2016, опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.

10. Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review / T. Ahmad et al. Trends in Food Science & Technology. 2019. 88. P. 361–372. DOI:10.1016/ j.tifs.2019.04.003.

11. Горальчук А. Б., Гринченко Н. Г., Неклеса О. П. Технологія десертів молочних із використанням карагінанів: монографія. Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2013. 122 с.

12. Dairy Products with Prebiotics: An Overview of the Health Benefits, Technological and Sensory Properties / M. C. Rosa et al. Int. Dairy J., 2021. 117: 105009. DOI:10.1016/j.idairyj.2021.105009.

13. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навч. посібник / А. Б. Горальчук та ін. харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків, 2006. 63 с.

14. Matser A. M., Steeneken P. A. Rheological properties of highly cross-linked waxy maize starch in aqueous suspensions of skim milk components. Effects of the concentration of starch and skim milk components. Carbohydr Polym. 1997. 32. P. 297–305. DOI:10.1016/s0144-8617(96)00162-2.

15. Tárrega A., Durán L., Costell E. Rheological characterization of semisolid dairy desserts. Effect of temperature. Food Hydrocolloids, 2002. 19. P. 133–139. DOI:10.1016/j.foodhyd.2004.04.022.

REFERENCES

1. Barnes, H. A., Hutton, J. F., Waiters, K. (1989). An introduction to rheology. Elsevier Science Publishers B.V., 201 p.

2. Fox, P. F. (1982). Developments in Dairy Chemistry: Functional milk proteins. Elsevier Applied Science, 383 p.

3. Bakshi, P., Yadav, A., Chandra, R., Yadav, B. (2019). Development of a process to prepare milk based dessert using bottle gourd and rice powder. Asian Journal Of Dairy and Food Research, Vol. 38, Issue 1, pp. 1–6. Available at:https:// arccjournals.com/journal/ asian-journal-of-dairy-and-food-research/DR-1375.

4. Balaghi, S., Senge, B. (2014). Structural development of semi-solid dairy desserts influenced by hydrocolloids and temperature: Rheology and particle size distribution. International Dairy Journal, Vol, 39, Issue 1, pp. 184–192. DOI:10.1016/j.idairyj.2014.06.007.

5. Huang, K., Liu, Y., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D. K., Yi, C., Guan, X. (2022). Formulation of plant-based yogurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory, and functional properties. Food Bioscience, 49, pp. 101–131. DOI:10.1016/j.fbio.2022.101831.

6. Deynychenko, G. V., Yudina, T. I., Vetrov, V. M. (2005). Vykorystannya ekzopolisakharydu ksantanu v vyrobnytstvi strukturovanykh molochnykh desertiv [The use of xanthan exopolysaccharide in the production of structured dairy desserts]. Kharchovi dobavky [Nutritional supplements]. Kharchuvannya zdorovoyi ta khvoroyi lyudyny: zb. tez I mizhhaluz. mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Nutrition of a healthy and sick person: coll. theses and interdisciplinary. international science and practice conf.]. D.: DonDUET, pp. 165–167. (In Ukrainian).

7. Deynychenko, G. V., Yudina, T. I., Samokhvalova, O. V., Vetrov, V. M. Sposib vyrobnyctva zbytogo kyslomolochnogo desertu: pat. 71825, Ukrai'na, MPK 7 A 23 S 23/00. № 20031212920; zajavl. 29.12.03; opubl. 15.12.04, Bjul. № 12. 3 s. [Method of production of whipped sour-milk dessert: pat. 71825, Ukraine, IPK 7 A 23 C 23/00. No. 20031212920; statement 29.12.03; published 15.12.04, Bul. No. 12. 3 p]. (In Ukrainian).

8. Borreani, J., Llorca, E., Quiles, A., Hernando, I. (2017). Designing dairy desserts for weight management: Structure, physical properties and in vitro gastric digestion. Food Chemistry. 220, pp. 137–144. DOi:10.1016/j.foodchem.2016.09. 202.

9. Deynychenko, G. V., Zolotukhina, I. V., Fedak, V. I., Skrypka, K. A. Sposib otrymannja desertu: pat. na korysnu model' 110413, Ukrai'na, MPK A23S 23/00; patentovlasnyk Hark. derzh. un-t harchuv. ta torgivli. № u201603246; zajavl. 29.03.2016, opubl. 10.10.2016, Bjul. № 19 [Method of obtaining dessert: pat. on utility model 110413, Ukraine, IPC A23C 23/00; patent holder Hark. state University of Kharkiv and trade. No. u201603246; statement 03/29/2016, publ. 10.10.2016, Bull. No. 19]. (In Ukrainian).

10. Ahmad, T., Aadil, R. M., Ahmed, H., Ur Rahman, U., Soares, B. C., Souza, S. L., Pimentel, T. C., Scudino, H., Guimarães, J. T., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Almada, R. B., Vendramel, S. M. R., Silva, M. C., Cruz, A. G. (2019). Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. Trends in Food Science & Technology. 88, pp. 361–372. DOI:10.1016/j.tifs.2019.04.003.

11. Horalchuk, A. B., Grynchenko, N. G., Neklesa, O. P. (2013). Tekhnolohiya desertiv molochnykh iz vykorystannyam karahinaniv: monohrafiya [Technology of dairy desserts using carrageenans: monograph]. Kharkivs′kyy derzhavnyy universytet kharchuvannya ta torhivli [Kharkiv State University of Food and Trade]. Kharkiv: KHDUKHT. 122 p. (In Ukrainian).

12. Rosa, M. C., Carmo, M. R. S., Balthazar, C. F., Guimarães, J. T., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q. (2021). Dairy Products with Prebiotics: An Overview of the Health Benefits, Technological and Sensory Properties, Int. Dairy J., 117:105009. DOI:10.1016/j.idairyj.2021.105009.

13. Horalchuk, A. B., Pyvovarov, P. P., Grinchenko, O. O., Pohozhykh, M. I., Polevych, V. V., Gurskyi, P. V. (2006). Reolohichni metody doslidzhennya syrovyny i kharchovykh produktiv ta avtomatyzatsiya rozrakhunkiv reolohichnykh kharakterystyk: navcha. posibnyk. khark. derzh. un-t kharch. ta torhivli [Rheological methods of research of raw materials and food products and automation of calculations of rheological characteristics: training manual. hark state University of Food and trade]. Kharkiv, 63 p. (In Ukrainian).

14. Matser, A. M., Steeneken, P. A. (1997). Rheological properties of highly cross-linked waxy maize starch in aqueous suspensions of skim milk components. Effects of the concentration of starch and skim milk components. Carbohydr Polym. 32, pp. 297–305. DOI:10.1016/j.fbio.2022.101831.

15. Tárrega, A., Durán, L., Costell, E. (2002). Rheological characterization of semisolid dairy desserts. Effect of temperature. Food Hydrocolloids. 19, pp. 133–139. DOI:10.1016/j.foodhyd.2004.04.022.

Research on the formation of the structure of dairy desserts with a combined composition of raw materials under the influence of technological factors

Rudakova T., Minorova A., Moiseeva L. Krushelnytska N., Narizhnyy S., Korol-Bezpala L.

Subject of study. Dairy products are complex in chemical composition and have a complex of various properties that affect the quality of the finished product, in particular, its structure. Consumer demands for food quality are constantly growing, which leads to the improvement of technological processes. Therefore, the study of the influence of technological factors in the production of dairy products for dessert purposes on the formation of their structure is an urgent issue.

The study aimed to investigate the influence of technological factors, in particular, different temperature regimes of packaging on the structure of the finished product.

The results. The article presents the results of studies on the formation of the structure of pudding and cream packaged at different temperatures. It has been shown that the flow curves of dairy desserts, characteristic of thixotropic systems, change their structure under the influence of mechanical loads. It was found that samples of dairy desserts packaged immediately after thermomechanical processing had a lower thixotropy coefficient compared to samples packaged after cooling. It was found that the viscosity of the retentate-based milk dessert was 10-20 % lower than that of a similar product based on butter. In addition, the viscosity values for retentate-based pudding were 20-30 % higher than for cream.

Conclusions. It has been proved that the temperature of the packaging of dairy desserts, as one of the decisive technological factors, has an impact on the formation of the structure, and, as a result, on the quality of the finished product. For example, to produce dairy desserts with a consistency typical of pudding or cream, it is necessary to pack at a temperature of at least 65°C. At the same time, the viscosity and ultimate shear stress for cream should be in the range of 55...75 Pa-s and 70...100 Pa, respectively, for pudding - 117...124 Pa-s and 90...110 Pa, respectively.

Key words: dairy desserts, creams, puddings, combined composition of raw materials, temperature conditions, packaging, structure, rheological indicators, quality.

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. https://orcid.org/0000-0002-7017-735X
Міморова А.В. https://orcid.org/0000-0002-7557-1444
Моісеєва Л.О. https://orcid.org/0000-0001-8845-1487
Крушельницька Н.Л. https://orcid.org/0000-0002-3549-320X
Наріжний С.А. https://orcid.org/0000-0001-5478-3221
Король-Безпала Л.П. https://orcid.org/0000-0002-4362-3166

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

УДК 597.443:597.116.639.3.032

Use of ISSR markers for genotyping an experimental group of largemouth bass *Micropterus salmoides* (LACEPEDE, 1802), reared in ponds of Polissia of Ukraine

Mariutsa A.[1], Borysenko N.[1], Gushchin V.[2], Grytsynyak I.[1]

[1] *Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*
[2] *State Agency of Ukraine for the Development of Melioration, Fisheries and Food Programs*

Mariutsa A. E-mail: mariutsa16@ukr.net

OPEN ACCESS

Маріуца А. Е., Борисенко Н. О., Гущин В. О., Грициняк І. І. Використання ISSR-маркерів для генотипування експериментальної групи великоротого окуня *Micropterus salmoides* (LACEPEDE, 1802), вирощеного у ставках Полісся України. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 1. С. 145–150.

Mariutsa A., Borysenko N., Gushchin V., Grytsynyak I. Use of ISSR markers for genotyping an experimental group of largemouth bass *Micropterus salmoides* (LACEPEDE, 1802), reared in ponds of Polissia of Ukraine. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 1. PP. 145–150.

Рукопис отримано: 02.04.2024 р.
Прийнято: 15.04.2024 р.
Затверджено до друку: 24.05.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-186-1-145-150

The aim of this study was to investigate the genetic structure of the experimental group of largemouth bass reared in the ponds of Polissia of Ukraine using ISSR markers. To accomplish these tasks, ISSR genotyping of the genetic structure of largemouth bass was performed using four fragments of trinucleotide loci. The genetic structure of the experimental group of largemouth bass of the pond fish farm "Nyvka" was characterised using 4 primers B – $(GAG)_6C$; C – $(AGC)_6G$; D – $(ACC)_6G$ and E – $(AGC)_6C$. Fins fragments were used for the study. In the course of the work, the optimal conditions for ISSR-PCR analysis were selected. The study revealed a number of factors that affect the efficiency of these markers: DNA concentration, number of amplification cycles. For 4 markers, 80 alleles with a molecular weight of 160–1320 bp were identified. The ranges of amplicons for the selected markers were determined: marker B – from 150 to 1186 bp; marker C – from 640 to 200 bp; D – from 1320 to 225 bp; and E – within 630–160 bp. The most polymorphic marker is marker B – 26 alleles, the least polymorphic marker is marker E – 15 alleles. In the studied experimental group of largemouth bass, the effective number of alleles varied from 10.2 for marker E to 12.2 for marker C, D. The indicators of genetic variability were determined by calculating allelic frequencies, the maximum level of available heterozygosity is 0.918 for marker C, D, and the lowest for marker E is up to 0.902. A method has been proposed that makes it possible to analyse the genetic structure of the experimental group of largemouth bass using these primers and to implement genetic information at different stages of the selection process.

Key words: ISSR-PCR, genetic structure, largemouth bass, DNA–markers, genotype, amplicons, genetic polymorphism, molecular genetic marker.

Problem statement and analysis of recent research. Largemouth bass *(Micropterus salmoides)* is the largest representative of the family Centrarchidae, originating from North American waters. At present, this species is present in pond aquaculture in more than 50 countries of the world, on all continents except Antarctica and Australia [1, 2, 3]. As an aquaculture object, largemouth bass is one of the most valuable freshwater species grown in fish farms [4, 5, 6, 7]. The limited supply of stock for sport fishing and commercial fish markets helps to keep the price of largemouth bass high. The market demand for largemouth bass, primarily as one of the world's most popular recreational and sport fisheries, exists for all sizes, from fingerlings to trophy fish [7, 8, 9, 10].

Largemouth bass was first brought to the territory of modern Ukraine at the end of the 19th century (1889) from Germany to the ponds of Prince Horchakov in the village of Korostyshevo, Kyiv province, where successful attempts were made to breed them for sport fishing [11]. In October 1949,

the Ukrainian Institute of Pond, Lake and River Fisheries (now the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine) successfully transported 1840 yearling trout by plane to the fish farm "Pushcha-Vodytsia" in Kyiv region [11]. In Ukraine, from the first half of the 1950s to the first half of the 1960s, a study was conducted on the introduction of brown trout into the hydroecosystem of the Shatsk Lakes [12, 13]. Subsequently, the number of largemouth bass in the Shatsk Lakes decreased significantly [14, 15]. during the reclamation fishery in 2018, which was carried out in Luka Bay of Lake Svityaz, among other fish species, individuals of largemouth bass (Micropterus salmoides Lac.) were caught [16] and transferred to the Institute of Fisheries of the NAAS of Ukraine (Kyiv) for further study [17]. The reasons that did not contribute to the adaptation of the brown trout to the conditions of water bodies in Ukraine include: competition from local predators, inconsistency of temperature conditions of water bodies with those optimal for this species, inbreeding due to a small number of breeders [18].

One of the methods that allows, to a certain extent, to analyse the genetic structure, assess the genetic diversity of populations, the degree of their inbreeding and genetic distances between populations is the inter simple sequence repeat (ISSR) analysis of DNA polymorphism. This approach allows amplification of DNA fragments located between two closely spaced sequences that are considered unique. As a result, a significant number of species-specific PCR products are obtained, represented by discrete bands on the electrophoregram. Considering that the ISSR method has high reproducibility, it is successfully used in international [19, 20] and domestic practice [21, 22]. The popularity of these methods is primarily due to the ability to adequately assess both inter- and intra-population variability of the studied animals, identify species, populations, lines, and in some cases, for individual genotyping [23].

For polylocus genotyping of different fish species, ISSR markers are used, the advantages of which include high polymorphism, simplicity of equipment for analysis and data processing. The possibility of using the ISSR-PCR method to assess the genetic structure of carp species from the fishery of Ukraine was previously shown on the example of carp species from the fishery of Ukraine [21, 24, 25], but the performance of intermicrosatellite markers has not been characterised. This method is useful for determining the genetic profile of different fish species, determining the level of heterozygosity of breeding stocks and conducting phylogenetic studies [26, 27]. The study of the genetic structure of the experimental group of largemouth bass reared in Ukraine using intermicrosatellite analysis of DNA polymorphism has not been carried out before.

The aim of the research. The purpose of this work was to study the genetic structure of an experimental group of largemouth bass raised in ponds of Polissia of Ukraine using ISSR markers.

Material and methods of research. Biological material of an experimental group of largemouth bass (n-30) from the ponds of The State enterprise «Experimental Fish Farm «Nyvka»» was studied. Fragments of fins preserved with 96% ethyl alcohol were used as samples for the study. Total DNA was allocated with the commercial Quick – DNA kit. MiniPrep Kit ("BioLabTech LTD", Ukraine).

ISSR genotyping of the genetic structure of largemouth bass was made with four fragments of trinucleotide loci, which were previously used for population genetic studies of different fish species in Ukraine (Table 1) [28, 29, 30, 31, 32].

Table 1 – **ISSR primers for analyzing the genetic structure of largemouth bass used in the study**

Primer	Annealing temperature of primers (°C)
$(GAG)_6C$	58
$(AGC)_6G$	55
$(ACC)_6G$	58
$(AGC)_6C$	60

Polymerase chain reaction (PCR) was made with a Thermo scientific thermocycler (Arktik Thermal Cycler, Finland) amplifier using the ThermoScientific DreamTaq Green PCR Master Mix kit (2X). Amplicons were separated by electrophoresis in a 2% agarose gel. To study amplicons, the molecular mass marker Gene Ruler 1kb DNA Ladder (Thermo Scientific) was chosen.

Amplification products were visualized with ethidium bromide dye (0,5 μg/ml gel) on a transilluminator with ultraviolet radiation. Processing of the obtained data was made with generally accepted computer programs POPGENE 1.31 [33] and a special macro GenAlE×6.5 for MS-Excel [34].

Research results and discussion. The genetic structure of the experimental group of largemouth bass from the ponds of The State enterprise «Experimental Fish Farm «Nyvka»» was analyzed using four oligonucleotides: B – $(GAG)_6C$; C – $(AGC)_6G$; D – $(ACC)_6G$ and E – $(AGC)_6C$.

The indicators that characterize the genetic polymorphism of largemouth bass according to selected ISSR markers were calculated (Table 2). As a result of the analysis of polymorphism at loci, 80 alleles with a length of 160 bp – 1320 bp were identified. The amplicon ranges for the selected

markers were determined: marker B – from 150 bp to 1186 bp; marker C – from 640 bp to 200 bp; D from 1320 bp to 225 bp; and E – within 630 bp – 160 bp. The most polymorphic is marker B – 26 alleles; the least polymorphic is marker E – 15 alleles. The obtained results showed that the markers have a high degree of polymorphism (Figure 1).

In the studied group of largemouth bass, using primer B, a total of 26 alleles were identified with a size in the range of 1186 bp – 150 bp. Allelic variants 1186 bp, 1050 bp, 925 bp, 850 bp, 817 bp, 754 bp, 660 bp, 630 bp, 580 bp, 510 bp were observed with the same percentage – 7,7%; 1000 bp, 780 bp, 600 bp were 11,5%. In the largemouth bass group, the largest proportion form amplicon variants with a length of 415 bp and 300 bp – 27%.

In the group of largemouth bass using primer C, a total of 16 alleles were detected, the size of which was in the range of 640 – 200 bp. Allelic variants 640 bp, 530 bp, 450 bp, 395 bp, 378 bp, 280 bp, 200 bp were found with the same percentage – 12.5%; 389 bp, 322 bp, was 31.2%. The 432 bp allelic variant formed the largest proportion in the study group – 43.8%.

When using primer D, a total of 24 alleles with the size in the range of 1320 bp – 225 bp were detected. Variants of amplicons with length 560 bp and 320 bp formed the largest portion of the study group – 20,8%. Other amplicons were found with almost the same percentage.

A total of 15 alleles were detected with primer E, the size of which ranged from 630 to 160 bp. The largest proportion in the study group was the 280 bp allelic variant – 47.7%. The allelic variants of 600 bp and 400 bp were found with the same percentage – 33.3%. The 420 bp and 340 bp amplicon variants accounted for 26.7%, and the 325 bp and 300 bp amplicons for 20%. Other amplicons were found with almost the same percentage.

As a result of the genetic analysis, it was found that three amplicons were found to be specific for primer C: 385 bp, 322 bp were detected in 31.2 % and 432 bp were detected in 43.8 % of largemouth bass, and three amplicons were found to be specific for primer E: 600 bp, 400 bp – 33.%, 280 bp – 47.7 %. As a result of the study, two primers were identified that can be used for genotyping of largemouth bass. The identified amplicons with high frequency demonstrate the peculiarities of the genetic structure of the studied group of largemouth bass.

The average value of alleles per locus is 20. The largest number of alleles was observed for primers $(AGC)_6G$, $(ACC)_6G$ and amounted to 12,2. The least polymorphic in terms of the number of amplicons per locus is the primer $(AGC)_6C$.

For the four primers studied, the effective number of alleles varied from 10,2 to 12,2. Thus, from the point of view of the number of effective alleles per locus, all the studied markers are highly polymorphic (Table 2).

Table 2 – **Indicators of genetic polymorphism by ISSR markers of largemouth bass**

Primer	Amplicon length (bp)	Number of alleles	n_e	H_0	H_e	F_{is}
$(GAG)_6C$	150-1186	26	10,4	0,785	0,904	0,132
$(AGC)_6G$	200-737	15	12,2	0,765	0,918	0,167
$(ACC)_6G$	225-1320	24	12,2	0,833	0,918	0,093
$(AGC)_6C$	160 - 630	15	10,2	0,754	0,902	0,164
Average (Na)		20	11,3	0,784	0,789	0,332

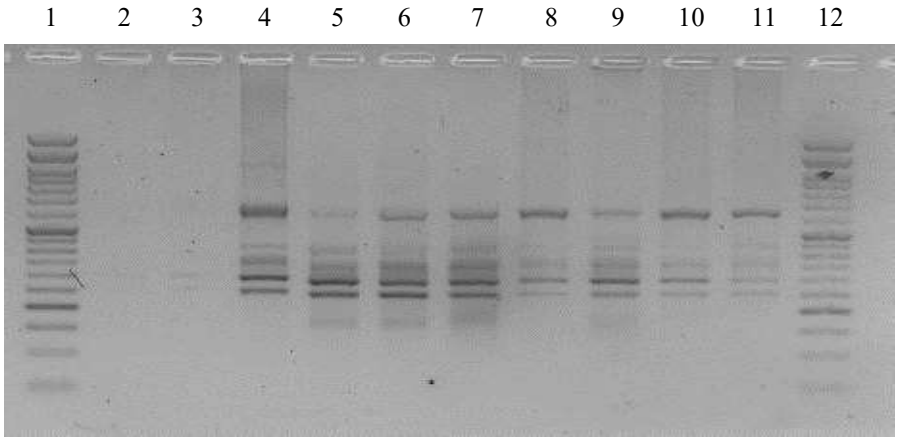


Fig. 1. **Electrophoretic spectrum of amplicons in largemouth bass (ISSR-PCR), was obtained using primer E - lanes № 2–11; 1–12 molecular weight marker 1kb DNA Ladder.**

Actual heterozygosity for these primers was calculated. The lowest value of actual heterozygosity (H_0) was observed for the primer $(AGC)_6C$ and was 0,754, and the highest heterozygosity of 0,833 was recorded for the primer $(ACC)_6G$. The average value of actual heterozygosity was 0,784.

The highest value of expected heterozygosity (H_e) was observed for primers $(AGC)_6G$, $(ACC)_6G$ and amounted to 0,918, the lowest value of expected heterozygosity was for primer $(CTC)_6C$ – 0,842. The average value of expected heterozygosity for four primers was 0,789. A sufficiently high value of average heterozygosity indicates a high level of genetic variability.

For each locus, the heterozygosity index was used to calculate the fixation index ^{Fis} (inbreeding coefficient of individuals relative to the population), which can be used to identify and assess the predominance of heterozygotes in the population. For four primers, the predominance of heterozygotes was observed, as the inbreeding coefficient ranged from 0.093 to 0.167. The average fixation index is 0.332, which also indicates the predominance of heterozygotes over homozygotes in the studied population.

Based on selected markers, 80 alleles with a length of 160 bp – 1320 bp were obtained. The amplicon ranges based on the used markers were determined: marker B from 150 bp to 1186 bp; marker C from 640 bp to 200 bp; D from 1320 bp to 225 bp; and E within 630 bp – 160 bp. The most polymorphic was marker B – 26 alleles, the least polymorphic was marker E – 15 alleles. The analyzed markers are informative for the analysis of the genetic structure of largemouth bass, because molecular markers are considered useful for studies of genetic polymorphism in cases where the average heterozygosity value is in the range of 0,3–0,8 [35, 36, 37]. Analysis of the genetic structure of largemouth bass using ISSR markers has established that they all have a wide range of alleles and a fairly high level of genetic diversity, which is confirmed by studies of other authors with different fish species [27, 38, 39, 40].

During the ISSR analysis of the genetic structure of largemouth bass, it was established that three amplicons were identified with primer C as specific: 385 bp, 322 bp were present in 31,2 % and 432 bp were present in 43,8% of largemouth bass individuals; using primer E, three amplicons were determined to be specific: 600 bp, 400 bp – 33,0%, 280 bp – 47,7%. As a result of research, two primers, that can be used for largemouth bass genotyping, have been identified. Certain amplicons with high frequency demonstrate features of the genetic structure of the studied group of largemouth bass.

Conclusions. The use of molecular genetic markers (ISSR-PCR) to study the genetic structure of largemouth bass is currently the most informative and justified method from the point of view of achieving the goal. The data on the genetic structure of the experimental group of largemouth bass were obtained by means of intermicrosatellite analysis of DNA polymorphism. The results of research, obtained during the study, showed that the selected markers have a high degree of polymorphism and can be used for population genetic analysis of this species. Taking into account the insufficient number of studies on largemouth bass in Ukraine, we consider it reasonable to continue work in this direction.

REFERENCES

1. Tupper, M., Sheriff, N. (2008). Capture-based aquaculture of groupers. In: Lovatelli, A. and Holthus, P.F. Eds., Capture-Based Aquaculture. Global Overview. FAO. Rome, pp. 217–253.

2. Rahel, F. J. (2007). Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: it's a small world after all. Freshwater Biology. Vol. 52, pp. 696–710.

3. Page, L. M., Burr, B. M. (2011). A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 663 p.

4. Qingchun, W., Yifan, T., Yan, L., Siqi, L., Pao, X., Jun, Q. (2023). Effects of morphological traits on body weight and fillet yield of largemouth bass (Micropterus salmoides). Journal of Fishery Sciences of China, Vol. 30 (5), pp. 617–629. DOI:10.12264/JFSC2023-0021

5. Hou, H., Ren, A., Yu, L., Ma, Z., Zhang, Y., Liu, Y. (2023). An Environmental Impact Assessment of Largemouth Bass (Micropterus salmoides) Aquaculture in Hangzhou, China. Sustainability, 15 (16), 12368 p. DOI:10.3390/su151612368

6. Neal, J. W. (2014). Comparison of largemouth bass growth and maturation in Puerto Rico. Journal of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies, no. 1, pp. 1–6.

7. Tidwell, J., Coyle, S., Bright, L. A. (2019). Largemouth bass aquaculture. London, U.K.: 5M Publishing LTD, 274 p.

8. USDI (U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service and U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau) National survey of fishing, hunting, and wildlife associated recreation. Washington, DC: U. S. Government Printing Office, 2011.

9. Long, J. M. (2015). A historical perspective of black bass management in the United States. American Fisheries Society Symposium. Vol. 82, pp. 99–122.

10. Jang, M.-H., Joo, G.-J., Lucas, M. C. (2006). Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. Ecology of Freshwater Fish. Vol. 3, pp. 315–320. DOI:10.1111/j.1600-0633.2006.00161.x

11. Gushchin, V. O., Sytnik, Yu. M., Mateychyk, V. I., Sinchuk, M. A. (2019). Some aspects of the introduc-

tion of valuable fish species into fishery water bodies of Ukraine: collection of materials from the VIII Congress of the Hydroecological Society of Ukraine, dedicated to the 110th anniversary of the founding of the Dnieper Biological Station «Prospects for hydroecological research in the context of environmental problems and social challenges» November 6-8. Kyiv, pp. 196–198. (In Ukrainian)

12. Yalinskaya, N. S. (1953). Biological foundations of the reconstruction of the fisheries of the lakes of the Shatsk group of the Volyn region of Ukraine: abstract of the dissertation of the candidate of biological sciences. Lviv, 15 p. (In Ukrainian)

13. Nosal, A. D., Simonova, L. G. (1958). Fish population of the lakes of the Volyn and Rivne regions of Ukraine and fishing. Proceedings of UkrNIIRH. Vol. 11, pp. 111–131. (In Ukrainian)

14. Shevchenko, P. G. (2013). A retrospective review of the formation of the ichthyofauna composition of the Shatsk lakes. The nature of Western Polesie and adjacent territories. Vol. 10, pp. 149–155. (In Ukrainian)

15. Yevtushenko, M. Yu., Dudnyk, S. V., Glyebova, Yu. (2011). A. Acclimatization of hydrobionts. Kyiv: Agrarian Education, 240 p. (In Ukrainian)

16. Sytnyk, Yu. M. (2019). To the question of the consequences of the introduction of some fish species into the hydroecosystem of Shatsk Lakes: the reality of present days. Fauna of Ukraine on the border of the XX – XXI century. The state and biological diversity of ecosystems in protected areas: international Zoological Conference abstracts. Lviv: SPOLOM, pp. 149–152. (In Ukrainian)

17. Hrytsyniak, I., Sytnik, Yu., Guschin, V., Mateychyk, V., Sinchuk, M. (2019). Morphological characteristic of the Largemouth bass (Micropterus salmoides) from the Svitiaz' lake of Shats'ky lake group. Modern problems of theoretical and practical ichthyology: XII International Ichthyological Scientific and Practical Conference, Dnipro, September 26-28, 2019. Accent, pp. 15–18.

18. Gushchin, V., Polishchuk, O., Hrytsyniak, I. (2022). Growing of fingerlings of the largemouth bass (Micropterus salmoides) in Ukrainian fish farms during the first year of life. AACL Bioflux, Vol. 15, Issue 3. Available at:http://www.bioflux.com.ro/aacl

19. Chistiakov, D., Hellemans, B., Volckaert, M., F.A.M. (2006). Microsatellites and their genomic distribution, evolution, function and applications: A review with special reference to fish genetics. Aquaculture. Vol. 255, pp. 1–29. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.11.031

20. Kubota, S., Liu, Q., Kessuwan, K., Okamoto, N., Sakamoto, T., Nakamura, Y., Shigenobu, Y., Sugaya, T., Sano, M., Uji, S., Nomura, K., Ozaki, A. (2014). High-throughput simple sequence repeat (SSR) markers development for the kelp grouper (*Epinephelus bruneus*) and cross-species amplifications for Epinephelinae species. Advances in Bioscience and Biotechnology, Vol. 5, pp. 117–130. DOI:10.4236/abb.2014.52016.

21. Hrytsynyak, I. I., Mariutsa, A. E., Borysenko, N. O., Tushnytska, N. Y. (2021). Application of molecular genetic markers in fish farming. The formation of a new paradigm for the development of the agro-industrial sector in the 21st century: a collective monograph: in 2 parts, part 2. resp. for the issue is O. V. Averchev. Lviv-Torun: Liga-Press, pp. 509–537. DOI:10.36059/ 978-966-397-240-4-18 (In Ukrainian)

22. Stetsyuk, I.M., Konishchuk, V.V. (2023). Genetic features of the structure of bighead carp and silver carp in aquaculture. Balanced nature use: traditions, perspectives and innovations: materials of the international scientific and practical conference (Kyiv, 1819 May 2023). Kyiv, pp. 124–126. (In Ukrainian)

23. Zhigileva, O. N., Baranova, O. G., Pozhidaev, V. V. (2013). Comparative Analysis of Using Isozyme and ISSR-PCR Markers for Population Differentiation of Cyprinid Fish. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 13, pp. 159–168.

24. Stetsyuk, I. M., Tarasyuk, S. I. (2020). The use of DNA markers to preserve the biodiversity of fish populations. Environmental safety and balanced use of nature in agro-industrial production: materials of the international scientific and practical conference (Kyiv, July 07 - 08, 2020). Kyiv, pp. 203–206. (In Ukrainian)

25. Stetsyuk, I. M., Mariutsa, A. E., Tarasyuk, S. I. (2021). Ecological and genetic changes in populations of silver carp (Hypophtalmichthys molitrix) and bighead carp (Hypophthalmichthys nobilis). Agroecological journal, no. 1, pp. 98–105. DOI:10.33730/2077-4893.1.2021.227245(In Ukrainian)

26. Marwal, A., Sahu, A. K., Gaur, R. K. (2014). Molecular Markers: Animal Biotechnology. Elsevier. pp. 289–305. DOI:10.1016/B978-0-12-416002-6.00016-X

27. Haniffa, M. A., Jeya Abiya, J. S., Milton, J., Ramesh, K., Bhat, A. A., Chelliah, A. (2014). Morphometric, meristic and ISSR marker systems for species identification and evolutionary analysis in five Indian Channids. Biochemical Systematics and Ecology. Vol. 55, pp. 131–136. DOI:10.1016/j.bse.2014.02.031

28. Bielikova, O. Y., Mariutsa, A. E., Mruk, A. I., Tarasjuk, S. I., Romanenko, V. M. (2021). Genetic structure of rainbow trout Oncorhynchus mykiss (Salmoniformes, Salmonidae) from aquaculture by DNA-markers. Biosystems Diversity. Vol. 29 (1), pp. 28–32. DOI:10.15421/01 2104.

29. Belikova, O. Yu., Mariutsa, A. E., Tretyak, O. M. (2022). Analysis of the specificity of the genetic structure of the paddlefish (Polyodon spathula (Walbaum, 1792)) using ISSR markers. Animal breeding and genetics. Issue 63, pp. 153–160. DOI:10.31073/abg.63.14. (In Ukrainian)

30. Bielikova, O., Tarasjuk, S., Mruk, A., Zaloilo, O., Didenko, A. (2021). Microsatellite-Based Analysis of Genetic Diversity and Population Structure of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Cultured in Ukraine. Genetics of Aquatic Organisms, Vol. 5, Issue 1, pp. 29–39. DOI:10. 4194/2459-1831-v5_1_04.

31. Hrytsyniak, I. I, Tarasiuk, S. I. (2010). Actual tasks of genetic research in fish farming. Optimum use, preservation and reproduction of aquatic living resources - urgent tasks of producers of fish products and scientific institutions of the fishing industry: Materials of the scientific and practical seminar held on June

12, 2009 during the exhibition "Fish Expo-2009". K.: KTUU "KPI", pp. 96–108. (In Ukrainian)

32. Dubin, O. V. (2012). Amplification of inter-microsatellite sequences as a method for estimating polymorphism of the Azov sevryuga population. Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University. no. 2 (1), pp. 129–133. (In Ukrainian)

33. Yeh, F. C., Boyle, T. J. (1997). Population genetic analysis of co-dominant and dominant markers and quantitative traits. Belgian Journal of Botany, Vol. 129, pp. 157—163.

34. Peakall, R., Smouse, P. (2012). GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. Bioinformatics. 28 (19), pp. 2537–2539. DOI:10.1093/bioinformatics/bts460

35. Takezaki, N., Nei, M. (1996). Genetic distances and reconstruction of phylogenetic trees from microsatellite DNA. Genetics. Vol. 144, pp. 389–399.

36. Powell, W., Morgante M., Andre, C., Hanafey, M., Vogel, J., Tingey, S., Rafalski, A. (1996). The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. Molecular Breeding. Vol. 2 (3), pp. 225–238. DOI:10.1007/BF00564200.

37. Prevost, A., Wilkinson, M. J. (1999). A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. Theoretical and Applied Genetics. Vol. 98 (1), pp. 107–112. DOI:10.1007/s001220051046.

38. Mukhopadhyay, T., Bhattacharjee, S. (2019). Genetic Diversity and Population Structure Analyses of Threatened Amblyceps mangois from Sub-Himalayan West Bengal, India Through Rapd and ISSR Fingerprinting. Croatian Journal of Fisheries, Vol. 77, pp. 33–50. DOI:10.2478/cjf-2019-0004

39. Liu, Y.-G., Chen, S.-L., Li, J., Li, B.-F. (2006). Genetic diversity in three Japanese flounder (Paralichthys olivaceus) populations revealed by ISSR markers. Aquaculture. Vol. 255, Issues 1–4, pp. 565–572. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.11.032

40. Maltagliati, F., Lai, T., Casu, M., Valdesalici, S., Castelli, A. (2006). Identification of endangered Mediterranean cyprinodontiform fish by means of DNA inter-simple sequence repeats (ISSRs). Biochemical Systematics and Ecology, Vol. 34, Issue 8, pp. 626–634. DOI:10.1016/j.bse. 2006.02.003

Використання ISSR-маркерів для генотипування експериментальної групи великоротого окуня *Micropterus salmoides* (*LACEPEDE, 1802*), вирощеного у ставках Полісся України

Маріуца А. Е., Борисенко Н. О., Гущин В. О., Грициняк І. І.

Метою цієї роботи було дослідити генетичну структуру експериментальної групи великоротого окуня, вирощеного у ставках Полісся України, за використання ISSR-маркерів. Для виконання поставлених завдань проведено ISSR-генотипування генетичної структури великоротого окуня із застосуванням чотирьох фрагментів тринуклеотидних локусів. Охарактеризовано генетичну структуру експериментальної групи великоротого окуня ставового рибного господарства ДПДГ «Нивка» *з* використанням 4-х праймерів: B – $(GAG)_6C$; C – $(AGC)_6G$; D – $(ACC)_6G$ та E – $(AGC)_6C$. Для досліджень використовували фрагменти плавців. У ході роботи було підібрано оптимальні умови проведення ISSR-PCR аналізу. Дослідження дали змогу виявити ряд факторів, що мають вплив на ефективність цих маркерів: концентрація ДНК, кількість циклів ампліфікації. За 4-ма маркерами виявлено 80 алелів з молекулярною масою 160 п.н – 1320 п.н. Визначено діапазони ампліконів за обраними маркерами: маркером B – від 150 до 1186 п.н.; за маркером C – від 640 до 200 п.н.; D – від 1320 до 225 п.н.; та E – в межах 630 – 160 п.н. Найбільш поліморфним є маркер B – 26 алелів, найменш поліморфними є маркер E –15 алелів. У дослідженій експериментальній групі великоротого окуня ефективне число алелів варіювало від 10,2 (маркер E) до 12,2 (маркери C, D). Визначено показники генетичної мінливості за розрахунками алельних частот. Максимальний рівень наявної гетерозиготності становить для маркерів C, D – 0,918, найменший для маркера E – до 0,902. Запропоновано метод який дає можливість за використання зазначених праймерів провести аналіз генетичної структури експериментальної групи великоротого окуня і реалізувати генетичну інформацію на різних стадіях селекційного процесу.

Ключові слова: ISSR-PCR, генетична структура, великоротий окунь, ДНК-маркери, генотип, амплікони, генетичний поліморфізм, молекулярно-генетичний маркер.

Copyright: Mariutsa A. 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:
Mariutsa A. https://orcid.org/0000-0001-5678-2660
Borysenko N. https://orcid.org/0000-0001-5031-5682
Gushchin V. https://orcid.org/0000-0002-4679-2993
Grytsynyak I. https://orcid.org/0000-0003-4459-7278

Наукове видання

Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

Збірник наукових праць

№ 1 (186) 2024

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 $60^{1}/_{8}$. Ум.др.арк.17,6. Тираж 300.
Підписано до друку 24.05.2024 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.