ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Збірник наукових праць

№ 1 (178) 2023

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 (178) 2023. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2023. 178 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 № 5 від 25.05.2023 р.)

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

Редакційна колегія:
Редакційна колегія:
Головний редактор – **Димань Т.М.,** д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Заступник головного редактора – **Цехмістренко О.С.,** д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Члени редакційної колегії:
Аріас Р., д-р філософії, доц., Університет Аустрал де Чилі, Валдівія, Чилі
Білл М., д-р філософії, проф., Державний університет штату Айова, «Дюпон Піонер», Айова, США
Бітюцький В.С., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
Ваврісінова К., доц., Словацький аграрний університет, Нітра, 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
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
Рейда О.А., ст. викладач, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна
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
Reida O.A., Senior Lecturer, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine
Sharan M.M., D. Sc., Prof., Animals Biology Institute, Lviv, Ukraine
Shurchkova Yu.O., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine
Sobolev O. I., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine
Stavetska R.V., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine
Tsekhmistrenko S.I., D. Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

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

© БНАУ, 2023

ЗМІСТ

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Borshch O.V., Prudnikov V.G., Borshch O.O., Kosior L.T. Ergonomic and economic indicators of milk production using different cow milking technologies (Ергономічні та економічні показники виробництва молока за різних технологій доїння корів)..... 6

Lutsenko M., Pirova L.V., Lastovska I.O., Kosior L.T. Influence of high temperatures on the behavior, productivity and bioenergetic characteristics of goats (Вплив високих температур на поведінку, продуктивність та біоенергетичні характеристики кіз)..... 13

Khmelnychyi L.M., Samokhina E.A., Khmelnychyi S.L. Linear type traits that characterize body development as the predictors of lifetime of Ukrainian Black-and-white dairy and Holstein cows (Лінійні ознаки типу, які характеризують розвиток тулуба - предиктори довголіття корів української чорно-рябої молочної та голштинської порід)..... 19

Ладика В.І. Скляренко Ю.І. Павленко Ю.М. Тривалість та ефективність довічного використання корів різних генотипів за Бета-казеїном..... 29

Хмельничий Л.М., Карпенко Б.М. Особливості екстер'єрного типу корів чорно-рябої худоби різного походження оцінених за методикою лінійної класифікації..... 37

Демченко О.А., Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Тимошок Н.О., Мельниченко Ю.О., Цехмістренко О.С. Вплив різних форм селену (селеніту, біогенного наноселену) у комплексі з пробіотиком на метаболічні показники курчат-бройлерів..... 47

Кривий М.М., Горчанок А.В., Кузьменко О.А., Васильєв Р.О., Діхтяр О.О. Біологічна цінність зеленої маси амаранту та її використання у складі комбінованих силосів для молодняку свиней..... 57

Міщенко О.А., Литвиненко О.М., Боднарчук Г.Л., Романенко Л.І., Афара К.Д., Криворучко Д.І. Вплив ізоляції бджолиної матки на її репродуктивну здатність та медову продуктивність бджолиної сім'ї..... 67

Галатюк О.Є., Яровець В.І., Бабенко В.В. Череватов В.Ф. Григоренко А.М. Стрільчук М.С. Кривченко О.М. ІІ Морфометрія крил робочих бджіл центральної та північної частин України..... 74

Ковальський Ю.В., Періг М.Д. Вплив способу консервації бджолиного обніжжя на розвиток глоткової залози у медоносних бджіл *Apis mellifera L*..... 88

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

Димань Т.М., Шостак Л.В., Дубін О.В., Димань Н.О. Порівняльний аналіз методів виділення ДНК із різних тканин риб..... 97

Gayuk N., Tsekhmistrenko O., Seleznyova A. Aluminosilicate halloysite nanotubes as a tool of modern nanocomposites for food safety (Алюмосилікатні нанотрубки галуазиту, як інструмент сучасних нанокомпозитів для харчової безпеки)..... 105

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Боковець С.П., Перцевой Ф.В. Термогравіметричний аналіз гідрогелів агару у поєднанні з медом та кунжутним борошном для виробництва батончиків..... 114

Рудакова Т.В., Мінорова А.В., Наріжний С.А. Формування структури низькокалорійного морозива із рослинними складовими 124

ЕКОЛОГІЯ

Портянник С.В. Забезпечення екологічної безпеки агроекосистем в умовах підвищеного вмісту в кормах для корів та органічних відходах тваринництва важких металів..... 132

Каркач П., Машкін Ю., Фесенко В. Екологічні проблеми промислового та органічного птахівництва 145

Гришко В.А., Андрійчук А.В., Зоценко В.М., Островський Д.М., Бондаренко Л.В., Балацький Ю.О., Малина В.В., Федорченко М.М. Порівняльна характеристика дезінфекційних засобів для молочного устаткування та якості молочної продукції за впливу паратипових факторів навколишнього середовища..... 159

Сенчук М.М., Харчишин В.М. Розроблення комплексної технології для утилізації органічних відходів тваринницької ферми вермикультивуванням..... 168

CONTENT

TECHNOLOGY OF MANUFACTURE AND PROCESSING PRODUCTION OF ANIMALS

Borshch O.V., Prudnikov V.G., Borshch O.O., Kosior L.T. Ergonomic and economic indicators of milk production using different cow milking technologies..... 6

Lutsenko M., Pirova L., Lastovska I., Kosior L. Influence of high temperatures on the behavior, productivity and bioenergetic characteristics of goats. 13

Khmelnychyi L., Samokhina E., Khmelnychyi S., Karpenko B. Linear type traits that characterize body development as the predictors of lifetime of Ukrainian Black-and-White dairy and Holstein cows..... 19

Ladyka V., Sklyarenko Y., Pavlenko Y. Duration and efficiency of lifetime use of cows of different genotypes according to beta-casein..... 29

Khmelnychyi L., Karpenko B. Features of conformation type of black-and-white cows of different origin estimated by linear classification method..... 37

Demchenko O., Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Tymoshok N., Melnychenko Yu., Tsekhmistrenko O. The influence of different selenium forms (selenite, biogenic nanoselenium) in a complex with a probiotic on the metabolic parameters of broiler chickens..... 47

Kryvyi M., Horchanok A., Kuzmenko O., Vasyliev R., Dikhtyar O. Biological value of green amaranth mass and its use in composition of combined silos for young pigs..... 57

Mishchenko O., Lytvynenko O., Bodnarchuk G., Romanenko L., Afara K., Kryvoruchko D. The influence of the isolation of queen bee on its reproductive capacity and honey productivity of bees..... 67

Galatyuk O., Yarovets V., Babenko V., Cherevatov V., Grigorenko A., Strilchuk M., Kryvchenko O. Wing morphometry of worker bees in the central and northern parts of Ukraine..... 74

Kovalskyi Yu., Perig N. The effect of the method of preservation of bee honey on the development of the pharyngeal gland in honey bees *Apis mellifera L.*..... 88

BIOTECHNOLOGIES AND BIOENGINEERING

Dyman T.M., Shostak L.V., Dubin O.V., Dyman N.O. A comparative analysis of different DNA extraction methods for fish tissues..... 97

Haiuk N., Tsekhmistrenko O., Seleznyova A. Aluminosilicatehalloysite nanotubes as a tool of modern nanocomposites for food safety. 105

FOOD TECHNOLOGY

Bokovets S., Pertsevoi F. Thermogravimetric analysis of agar hydrogels in combination with honey and sesame flour for the product..... 114

Narizhnyy S., Bilyi V., Rudakova T., Minorova A., Vezhlivtseva S. Formation of the structure of low-calorieice cream with vegetableing redients..... 124

ECOLOGY

Portiannik S. Ensuring the ecological safety of agroecosystems in conditions of increased content of heavy metals in fodder and manure of cows. 132

Karkach P., Mashkin Y., Fesenko V. Environmental problems of industrial and organic poultry farming..... 145

Gryshko V., Andriychuk A., Zotsenko V., Ostrovskiy D., Bondarenko L., Balatsky Y., Malyna V., Fedorchenko M. Comparative characteristics of disinfectants for dairy equipment and quality of dairy products under the influence of paratypical environmental factors. 159

Senchuk M., Kharchyshyn V. Development of complex technology for the disposal of organic waste of an animal farm by vermicultivation. 168

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

UDC 636.2.083:591.5

Ergonomic and economic indicators of milk production using different cow milking technologies

Borshch O.V.[1], Prudnikov V.G.[2], Borshch O.O.[1], Kosior L.T.[1]

[1] Bila Tserkva National Agrarian university, Ukraine, Bila Tserkva
[2] State Biotechnological University, Ukraine, Kharkiv

Lesya Kosior E-mail: ltkosior28@gmail.com

OPEN ACCESS

Борщ О.В., Прудніков В.Г., Борщ О.О., Косіор Л.Т. Ергономічні та економічні показники виробництва молока за різних технологій доїння корів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 6–12.

Borshch O.V., Prudnikov V.G., Borshch O.O., Kosior L.T. Ergonomic and economic indicators of milk production using different cow milking technologies. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 6–12.

Рукопис отримано: 15.03.2023 р.
Прийнято: 29.03.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-6-12

The purpose of this work was to study the effect of changing the way of keeping and milking equipment on ergonomic and economic indicators. The research was carried out at «Ostriykivske» LLC, Bilotserkivskyi district, Kyiv region, where the milking herd was transferred from a capital-type room with tethered housing and milking into the milk pipeline to an easy-to-assemble room with loose housing and milking in the milking hall at the «Carousel» plant. The material for the research was lactating cows of the Ukrainian black-spotted dairy breed of II and III lactations. In order to accurately determine the duration of the technological operations of the milking process through the milk pipe and at the «Carousel» milking plant, it was filmed during the morning milking of cows. The change in the method of keeping (from tethered to loose housing) and the milking option (in the stall to the milk pipeline to the milking hall) had a significant impact on the time spent when performing the technological operations of one cow milking. The total time spent by machine milking operators in the slope decreased by 31.35 seconds. When moving the animals to the milking parlor, the duration of such operations as washing, wiping and massaging of the udder decreased by 4.8 s, milking of the first trickles of milk – by 0.6 s, and putting milking cups on the udders – by 1.3 s. The duration of preparatory and final milking operations decreased by 7.2 seconds, and other operations related to milking decreased by 58.2 seconds. At the same time, the complex indicator of the ergonomics of the milking installation when transferring cows to the milking parlor increased significantly (by 0.60) and met the requirements of the standard. The total labor costs when the conditions of keeping and milking were changed decreased by 52.96 man hours/year per cow. Labor costs for the following types of work decreased most significantly: milking and primary processing of milk; cleaning of stalls and manure passages; making litter and operating costs: 22.00; 19.40; 2.60 and 6.60 man hours/year per cow, respectively. Electricity consumption per cow per year increased by 22 kWh, and water for the milking process increased by 560 liters.

Key words: dairy cows, ergonomics of milking, change of housing conditions, milking facilities, consumption of energy resources.

Problem statement and analysis of recent research. The development of animal husbandry in general and dairy cattle breeding in particular under modern conditions is based on intensive technologies with a high level of mechanization and automation of production processes [1, 2]. The process of technical re-equipment of animal husbandry today acquires a completely new meaning. In recent years, the trend of transition from the tethered way of keeping cows to the loose housing one, which is also accompanied by a change in milking equipment, has been quite clearly outlined. In such cases, significant reserves lie in the formation of a complex approach, which takes into account all the nuances and peculiarities of mechanized technologies. Here it is extremely important to ensure the clear implementation of technological techniques aimed at stimulating delicate natural biological processes, interwoven with thin threads of interrelationships of the elements of the triune system: «man-

machine-animal». Any little thing here can become a factor that determines the final effect of a long and multifaceted process [3, 4, 5].

Today, the technical modernization of dairy livestock enterprises is considered as a priority direction, which ensures the receipt of profit due to the effective use of innovative technological solutions, which are based on multivariate methods of programming, organization and management of processes. Innovative development of dairy farming depends on intensive technologies with a high level of mechanization and automation of production processes. Intensification allows you to use the advantages of large-scale production. Such an approach can be implemented by exporting modern technologies from Western countries, where the share of profit obtained from the use of innovations in the field of technical support for production is steadily growing, or at the expense of domestic competitive developments [6, 7, 8].

In the current situation, one of the most important conditions for the development of animal husbandry is the effective use of innovations in technical support. Investments in the mechanization and automation of technological processes provide the possibility of implementing an intensive type of extended reproduction and sustainable development of the industry [9, 10]. The process of technical re-equipment of animal husbandry today acquires a completely new meaning. In recent years, the trend of transition from the creation of equipment to support existing technologies to the creation of innovative technological solutions based on new machines and equipment has been quite clearly outlined [11, 12, 13]. Modern technology makes it possible to radically change approaches to the implementation of many technological processes [14, 15, 16]. The development of technical support is aimed at creating universal machines that allow combining various previously incompatible processes and elements of technology, increasing the reliability and improving the operational characteristics of equipment, reducing the metal capacity and energy consumption of machines, the use of automation and computerization tools that ensure the improvement of the work efficiency of service personnel and level of welfare and comfort for animals [17, 18, 19].

Modern information technologies make it possible to implement production management taking into account human psychology, ergonomics, physiology and ethology of animals, features and capabilities of technology. It is necessary to ensure the introduction of technological methods aimed at stimulating the natural biological processes of the animal's body, which are implemented according to a peculiar catalytic mechanism, which involves a subtle, signaling effect on a complexly determined system [20].

Automation and robotization of the milking process require high demands on the physiological state of lactating animals. Modern technologies of milk production on an industrial basis represent a complex process of interaction between the animal, milking system and service personnel. During operation, the milking system comes into close contact with the animal and actively affects one of the main organs – the mammary gland. Uncontrolled use of milking systems, incorrect milking technology and long-term milking cause severe diseases and stress in animals. The issue of interaction between the cow and the modern milking system during milking is topical and of considerable scientific interest.

Therefore, the **purpose of this work** was to study the effect of changing the method of keeping and milking equipment on the ergonomic and economic indicators of milk production.

Materials and methods of research. The research was carried out at «Ostriykivske» LLC, Bilotserkivskyi district, Kyiv region. At the farm, over a period of one and a half years, the milking herd transferred from capital-type premises with tethered maintenance to an easy-to-assemble room with loose housing maintenance. The milking equipment was also changed: milking on the UDM-200 unit was replaced by milking in the milking hall on the «Carousel» unit with 32 milking places. The material for the research was lactating cows of the Ukrainian black-spotted dairy breed of II and III lactations.

The time spent on performing technological operations for one-time milking of one cow on different types of milking machines and a complex indicator of the ergonomics of milking machines were carried out according to the method of Shablia V. [21]. In order to accurately determine the duration of technological operations, the milking process in the cowshed in the milk pipeline and on the «Carousel» installation was filmed using a Canon EOS M50 digital device (made in Japan). Filming was done during the morning milking of cows.

The costs of natural and energy resources for the milking process before and after changing the milking equipment were determined according to the technical characteristics provided by the manufacturers. Ergonomic indicators when performing standing work were determined according to the methodology of Lutsenko M. [22].

Research materials processed by the method of variation stratification based on the calculation of the arithmetic mean (M), the root mean square error (m) and the reliability of the difference between the compared indicators (P). To show the

probability in the tables, the notation P>0.95 is used; P>0.99; P>0.999, which are respectively marked with asterisks (*;**;***) in the paper.

Research results and discussion. An important condition for the efficient production of livestock products, along with satisfying the animal's needs, is the creation of conditions to ensure high productivity of farm workers, which mainly affects the productivity of their work. At dairy farms, this is achieved by taking into account factors that directly affect work capacity: production fatigue, deterioration of health, injuries, impact of machines and equipment on the body, workplace and posture, pace and rhythm of work, physical effort, and microclimate [12].

For different milking technologies, different technological equipment used at farms, which significantly affects the working conditions and results of the staff. During milking with portable devices in the milk pipeline, operators perform the following basic tasks: they go to each cow of their group, carry milking devices, equipment and water for cleaning of stalls, animals, udders and performing other hygienic procedures. At the same time, they have to sit next to each cow while preparing, connecting and disconnecting the devices and observing the milking process. In addition, they perform work related to the rationing of feeding, tying and untying cows and driving them to a walking area or gym. The milker's workplace is located along the entire length of the cowshed, which necessitates significant transitions on a slippery and uneven surface with an increased degree of labor difficulty and fatigue. During transitions, it is often necessary to step over the manure conveyor tray, to push cows away, to be in an uncomfortable position between cows during milking, with an increased effort to perform work movements at different speeds with frequent body position changes [4, 11].

The workplace of the operator of the «Carousel» installation is located in the middle of the platform of the milking installation. Here there is an opportunity for convenient placement of devices, inventory and other means in relation to the employee. The worker is below the level of the cow and does not need to bend during the preparatory and final milking operations. The site on which the operator stands meets the requirements for area, safety, spatial parameters (dimensional, free and layout), the ability to perform basic and auxiliary operations in a rational working position, as well as free movement of the operator along the optimal trajectory. The working posture of the operator has the following characteristics: straight body, uniform support, absence of extreme positions in the joints of the upper limbs. During the work, it is possible to change the posture and pace of movements. The reach zone is within the optimal and easy range. It is also possible to change the workplace during the work, which contributes to better operator's efficiency by reducing fatigue [8].

It was established that the change in milking conditions had a positive effect on the duration of the body of machine milking operators in an uncomfortable position (Table 1).

The duration of the machine milking operator's stay in the bent position of the body (at an angle) during milking of cows in the milking hall at the «Carousel» plant decreased by 31.35 s per cow compared to milking at the UDM-200 plant. It should also be noted that after transfer to the milking parlor, machine-milking operators do not need to tilt their torsos at an angle greater than 40 °.

After transferring the animals to milking in the milking hall, the duration of preparatory operations before milking (Table 2), such as washing, wiping and massaging of the udder, decreased by 4.8 seconds; milking of the first teats of milk – by 0.6 s, and putting milking cups on the udders – by 1.3 s.

Operations not related to milking had significantly decreased after the change of milking conditions and time spent on. Thus, during milking on the UDM-200 unit, the machine-milking operator performed actions related to the introduction of bedding material into the rest areas, cleaning of the rest areas, and transfer of milking machines, their connection and shutdown.

Table 1 – **Duration of stay of the machine milking operator in an uncomfortable position when using different types of milking installations, per cow** (n=50), (M±m).

Type of milking setting	Uncomfortable body position		
	torso at an angle		together
	20 – 40°	40 – 90°	
UDM-200	3.35±0.08	55.20±2.75	58.55±1.96
«Carousel»	22.40±0.33***	-	22.40±0.45***

Note. *** – P≥0.999 – compared to the indicators before the change in milking conditions.

Table 2 – **Time spent (in seconds) to perform technological operations for one-time milking of one cow on milking installations of different types** (n=50), (M±m).

Technological operations, c	Type of milking installation	
	UDM-200	«Carousel»
milking of the first milk trickles	5.3±0.2	4.7±0.2*
washing, wiping and massage of udder	17.3±2.2	12.5±2.0
putting on milking cups	6.3±0.4	5.0±0.3*
preparatory operations, together	28.9±2.7	22.2±1.8*
final operations, together	4.5±0.3	4.0±0.1
other operations, related to milking	72.3±6.5	14.1±1.8***

Notes: * – P≥0.95; *** – P≥0.999 – compared to indicators before the change in milking conditions.

For milking options in milking parlors, operators only perform operations to clean the milking areas from dirt using a hose with pressurized water supply.

To evaluate the complex indicator of the ergonomics of various milking installations before and after transferring the animals to milking conditions in the milking parlors, we used data from the evaluation of their construction, noise, dustiness of the air, physical exertion, the operator's working posture, the frequency of his working movements, etc. (Table 3). It was established that during milking in stalls on the UDM-200 milking unit, the ergonomics index was at a low level and was only 0.40 against 1.00 according to the requirements of the standard. Such low values of the level of ergonomics of the stall milking installation are caused by the lack of control systems for the milking process, the performance of the final milking operations and the irrational working posture of the operator in relation to the animal. The change in milking conditions (on the «Carousel» unit) significantly affected the ergonomics index of the milking unit (1.00). This is due to the rational placement of the operator and animals, the optimal number of cows served by one operator, and the reduced physical workload of the operators (compared to milking on the UDM-200).

The change in options for keeping and milking cows also affected labor costs per head per year (Table 4). Thus, there was a decrease in labor costs for all main types of work, except for zoo-veterinary activities (remained at the same level) and work related to animal training (they were absent before the change in the conditions of keeping and milking cows in tethered keeping). Labor costs for the following types of work decreased most significantly: milking and primary processing of milk; cleaning of stalls and manure passages; making litter and operating costs: 22.00; 19.40; 2.60 and 6.60 man hours/year per cow, respectively. The total labor costs for the performance of work related to keeping cows decreased by 2.34 times.

Table 3 – **A complex indicator of the ergonomics of milking installations**

Indicator	Type of milking installation	
	"UDM-200"	«Carousel»
the number of cows served, heads	200	400
load on onemachine milking operator, heads	200	200
Availability in the design:		
- systems for preparing cows for milking	-	+
- milking process control systems	-	+
- machines for removing milking machines	-	+
noise	1.0	1.0
dustiness	1.0	1.0
physical activity	0.0	1.0
ergonomics of technological maintenance	0.0	1.0
working posture	0.0	1.0
complex indicator of ergonomics	0.40	1.0

Table 4 – **Labor costs for the performance of manual labor for cow milking technologies on various types of installations (person-hours/year per cow).**

Type of work	Type of milking unit	
	«UDM»-200	«Carousel»
Feed distribution	12,86	7,30
Milking and primary processing of milk	40,00	18,00
Driving animals for milking	-	3,20
Cleaning of stalls, manure passages, milking platform	24,80	5,40
Adding of litter	4,40	1,80
Operating expenses	7,90	1,30
Carrying out zoo-veterinary measures	2,60	2,60
Total	92,56	39,60

Thus, the change in the type and design of milking units affected the quality of the technological process. When using a stall milking machine located on the territory of the premises for keeping cows, the operator spends 2.8-6.7 seconds more physical labor per cow compared to milking in the milking hall. According to the set of ergonomic indicators, stall milking installations are the most imperfect.

The process of milking cows with all preparatory and final operations, as well as natural and energy resources that are consumed during operation, is of great importance in increasing the level of production of dairy products and improving its quality along with feeding and keeping animals. It has been established that changes in milking conditions affected the electricity consumption per cow per year (Table 5). Thus, when transferring cows for milking in the milking hall of the «Carousel» installation, electricity consumption per cow per year increased by 22 kWh. The rate of water consumption for the milking process depends on the following factors: the length of the milk pipeline and the number of milking places, the distance between the milking parlor and the milk cooler tank, the area of the platform for waiting for milking and the angle of the floor towards the sewage drains. Due to the change of milking equipment from «UDM-200» to «Carousel» water consumption per cow per year was increased by 560 liters.

Conclusions. 1. The change in the method of keeping (from tethered to loose housing one) and the milking option (in the milk pipeline to the milking parlor) significantly affected the time spent on the technological operations of milking one cow. The total time spent by machine milking operators in the slope decreased by 31.35 seconds. The duration of preparatory and final operations before milking decreased by 7.2 s, and other operations related to milking – by 58.2 s. At the same time, the complex indicator of the ergonomics of the milking unit when cows transferred to the milking parlor increased (by 0.60) and met the requirements of the standards. The total labor costs when the conditions of keeping and milking were changed decreased by 52.96 man hours/year per cow. Electricity consumption per cow per year increased by 22 kWh, and water for the milking process increased by 560 liters.

Table 5 – **Costs of natural and energy resources for the milking process before and after changing the milking equipment.**

Type of milking plant	Water consumption per cow per year, l	Electricity consumption per cow per year, kWh
"UDM"-200	1190	52
«Carousel» × 32	1750	74

2. Thus, milking cows in the milking parlor on the «Carousel» plant significantly improves the ergonomics of the process: it increases the efficiency of the «man-machine-animal» system, ensures work safety, and creates conditions for the development of a person's personality in the work process.

REFERENCES

1. Ruban, S. Yu., Borshch, O. V., Borshch, O. O. (2017). Suchasni tekhnolohiyi vyrobnytstva moloka. (osoblyvosti ekspluatatsiyi, tekhnolohichni rishennya, eskizni proekty) [Modern milk production technologies. (peculiarities of operation, technological decisions, sketch designs)]. Kharkiv: STYLIZDAT, 172 p. (in Ukrainian).

2. Ruban, S., Borshch, O. O., Borshch, O. V., Orischuk, O., Balatskiy, Y., Fedorchenko, M., Kachan, A., Zlochevskiy, M. (2020). The impact of high temperatures on respiration rate, breathing condition and productivity of dairy cows in different production systems. Animal Science Papers and Reports, Vol. 38, no. l, pp. 61–72. Available at:https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/ 20203167447.

3. Borshch, O. O., Borshch, O. V., Donchenko, T. A., Kosior, L. T., Pirova, L. V. (2017). Influence of low temperatures on behavior, productivity and bioenergy parameters of dairy cows kept in cubicle stalls and deep litter system. Ukrainian Journal of Ecology, Vol. 7, no. 3, pp. 73–77. DOI:10.15421/2017_51.

4. Fedota, O., Puzik, N., Skrypkina, I., Babalyan, V., Mitiohlo, L., Ruban, S., Belyaev, S., Borshch, O.O., Borshch, O.V. (2022). Single nucleotide polymorphism C994g of the cytochrome P450 gene possess pleiotropic effects in Bos taurus, L. Acta Biologica Szegediensis, Vol. 66, no. 1, pp. 7–15. DOI:10.14232/abs.2022.1.7-15.

5. Borshch, O. O., Borshch, O. V. (2022). The influence of changing conditions for keeping and cows' milking on their behavior, productivity and condition. Research for Rural Development. Vol. 37, pp. 7–12. DOI:10.22616/rrd.28.2022.001.

6. Ruban, S., Danshyn, V., Matvieiev, M., Borshch, O.O., Borshch, O.V., Korol-Bezpala, L. (2022). Characteristics of lactation curve and reproduction in dairy cattle. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. Vol. 70, no. 6, pp. 373–381.

7. Broucek, J., Uhrincat, M., Mihina, S., Soch, M., Mrekajova, A., Hanus, A. (2017). Dairy Cows Produce Less Milk and Modify Their Behaviour during the Transition between Tie-Stall to Free-Stall. Animals, Vol. 7, no. 16. DOI:10.3390/ani7030016.

8. Cook, N. B. (2020). Symposium review: The impact of management and facilities on cow culling rates. Journal of Dairy Science, Vol. 103, pp. 3846–3855. DOI:10.3168/jds.2019-17140.

9. Pavlenko, A., Lidfors, L., Arney, D.R., Kaart, T., Aland, A. (2018). Behavior and Performance of Dairy Cows after Transfer from Tied to Cubicle Housing. Journal of Applied Animal Welfare Science, Vol. 21, no. 1, pp. 82–92. DOI:10.1080/10888705.2017.1376204.

10. Sitkowska, B., Piwczyński, D., Aerts, J., Waśkowicz, M. (2015). Changes in milking parameters with robotic milking. Archive Animal Breeding. Vol. 58, pp. 137–143. DOI: 10.5194/aab-58-137-2015.

11. Angrecka, S., Herbut, P. (2016). Impact of barn orientation on insolation and temperature of stalls surface. Annals of Animal Science, Vol. 16, pp. 887–896. DOI:10.1515/aoas-2015-0096.

12. Ding, T., Sun, B., Shi, Z., Li, B. (2019). Optimizing Water Droplet Diameter of Spray Cooling for Dairy Cow in Summer Based on Enthalpy Difference Theory. Energies, Vol. 12. Article number: 3637. DOI:10.3390/en12193637.

13. Lovarelli, D., Finzi, A., Mattachini, G., Riva, E. (2020). A Survey of Dairy Cattle Behavior in Different Barns in Northern Italy. Animals, Vol. 10. Article number: 713. DOI:10. 3390/ani10040713.

14. Jakob, M. C. (2019). Evaluation of a Physical Ergonomic Intervention for Milking Parlor Operatives – A Case Study. Journal of Agromedicine, Vol. 24, no. 3, pp. 215–223. DOI:10.1080/ 1059924X.2019.1590270.

15. Braun, L., Terhorst, Y., Titzler, I., Freund, J., Thielecke, J., Ebert, D.D., Baumeister, H. (2022). Lessons Learned from an Attempted Pragmatic Randomized Controlled Trial for Improvement of Chronic Pain-Associated Disability in Green Professions: Long-Term Effectiveness of a Guided Online-Based Acceptance and Commitment Therapy (PACT-A). International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 19. Article number: 13858. DOI: 10.3390/ ijerph192113858.

16. Edwards, J. P., Kuhn-Sherlock, B. (2021). Opportunities for improving the safety of dairy parlor workers. Journal of Dairy Science, Vol. 104, no. 1, pp. 419–430. DOI:10.3168/jds.2020-18954.

17. Karimi, A., Dianat, I., Barkhordari, A., Yusefzade, I., Rohani-Rasaf, M. (2020). A multicomponent ergonomic intervention involving individual and organisational changes for improving musculoskeletal outcomes and exposure risks among dairy workers. Applied Ergonomics, Vol. 88, 103159 p. DOI:10.1016/j.apergo.2020.103159.

18. Anjuly, S., Singh, T., Suryendra, S. (2020). Use of Improved tool (Revolving Pihri) for milking of dairy animals by farm women. Journal of Community Mobilization and Sustainable Development, Vol. 15, no. 1, pp. 92–94. Available at:https://www.researchgate.net/profile/ Anannya-Chakraborty/publication/44431954_community_mob_hunger_and_voice/ links/5f74933d-458515b7cf59597c/community-mob-hunger-and-voice.pdf#page=98.

19. Gurnani, U., Singh, S. K., Sain, M. K., Meena, M. L. (2022). Ergonomic Analysis of Manual Activities Among Dairy Farm Workers: A Literature Review. Ergonomics for Design and Innovation. Conference paper. Part of the Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS, volume 391). pp. 661–673. DOI:10.1007/978-3-030-94277-9_57.

20. Cockburn, M., Gómez, Y., Schick, M., Maffiuletti, N. A., Gygax, L., Savary, P., Umstätter, C. (2019). Effect of milking stall dimensions on upper limb and shoulder muscle activity in milkers. Journal of Dairy Science, Vol. 102, no. 5, pp. 4563–4576. DOI:10.3168/jds. 2018-15316.

21. Shablia, V. (2012). The new cow milking method elaboration for ergonomic investigations in animal husbandry. Scientific and Technical Bulletin Institute of animal science, Vol. 117, pp. 177–184. Available at:http://animal.kharkov.ua/archiv/ntb/NTB107_17-09-12.pdf (in Ukrainian).

22. Lutsenko, M. M., Ivanyshyn, V. V., Smolyar, V. I. (2006). Promising technologies of milk production. Kyiv, Academy. 192 p. (in Ukrainian).

Ергономічні та економічні показники виробництва молока за різних технологій доїння корів

Борщ О.В., Прудніков В.Г., Борщ О.О., Косіор Л.Т.

Метою цієї роботи було вивчити вплив зміни способу утримання та доїльного обладнання на ергономічні та економічні показники. Дослідження проводили у ТОВ «Острійківське» Білоцерківського району Київської області, де дійне стадо було переведене із приміщення капітального типу з прив'язним утриманням та доїнням у молокопровід в легкозбірне приміщення із безприв'язним утриманням та доїнням у доїльному залі на установці «Карусель». Матеріалом для досліджень були лактуючі корови української чорно-рябої молочної породи II та III лактацій. Для точного визначення тривалості виконання технологічних операцій процесу доїння молокопроводом та на доїльній установці «Карусель» її фільмували упродовж ранкових доїнь корів. Зміна способу утримання (із прив'язного на безприв'язний) та варіанту доїння (в стійлі у молокопровід на доїльний зал) суттєво вплинула на затрати часу при виконанні технологічних операцій доїння однієї корови. Загальний час перебування операторів машинного доїння у нахилі знизився на 31,35 с. При переведенні тварин до доїльного залу тривалість таких операцій як обмивання, витирання і масажу вимені зменшилась на 4,8 с, здоювання перших цівок молока – на 0,6 с, а надягання доїльних стаканів на дійки – на 1,3 с. Тривалість підготовчих та заключних операцій доїнням знизилась на 7,2 с, а інші операції, котрі пов'язані з доїнням – на 58,2 с. При цьому комплексний показник ергономічності доїльної установки при переведенні корів до доїльної зали значно збільшився (на 0,60) та відповідав вимогам стандарту. Загальні затрати праці при зміні умов утримання і доїння знизились на 52,96 люд·год/рік на корову. Найбільш суттєво знизились затрати праці за наступними видами робіт: доїння і первинна обробка молока; чищення стійл і гнойових проходів; внесення підстилки та експлуатаційні затрати: на 22,00; 19,40; 2,60 і 6,60 люд. год/рік на корову, відповідно. Витрати електроенергії у розрахунку на 1 корову в рік збільшились на 22 кВт/год, а води для здійснення процесу доїння – на 560 л.

Ключові слова: молочні корови, ергономіка доїння, зміна умов утримання, доїльні установки, витрати енергетичних ресурсів.

Copyright: Borshch O.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:
Borshch O.V. https://orcid.org/0000-0001-5174-1309
Prudnikov V.G. https://orcid.org/0000-0001-9318-2015
Borshch O.O. https://orcid.org/0000-0002-8450-2109
Kosior L.T. https://orcid.org/0000-0002-8214-5670

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

UDC 636.2.083.312.3

Influence of high temperatures on the behavior, productivity and bioenergetic characteristics of goats

Lutsenko M., Pirova L., Lastovska I., Kosior L.

Bila Tserkva National Agrarian University

E-mail: Pirova L. pirova2015@gmail.com; Lastovska I. irinalastovska85@gmail.com; Kosior L. ltkosior28@gmail.com

OPEN ACCESS

Луценко М.М., Пірова Л.В., Ластовська І.О., Косіор Л. Вплив високих температур на поведінку, продуктивність та біоенергетичні характеристики кіз. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 13–18.

Lutsenko M., Pirova L., Lastovska I., Kosior L. Influence of high temperatures on the behavior, productivity and bioenergetic characteristics of goats. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 13–18.

Рукопис отримано: 21.02.2023 р.
Прийнято: 07.03.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-13-18

Abstract. The research was carried out in IE «Babyni kozy» of Kyiv region at a goat farm where a stable-pasture system of goats is used. In winter, goats are kept at free-stall housing on a deep litter and during the grazing period, on a forage area. Goats are milked on a milking parlor into the milk line. The article presents the results of researches of the influence of ambient temperature during the thermo neutral period and during the period of high temperatures on the productivity, daily behavior and bioenergetic characteristics of Saanen goats. A group of goats of the Saanen breed of the 3rd lactation was formed during the period of the milk yield increasing. The research was performed in thermo neutral period (average daily air temperature was up to + 22.3 °C) and during the period of temperature load at an average daily air temperature of + 27.6 °C. Each period lasted 12 days.

It has been found that goats responded to the change in temperature by reducing of productivity by 10.70 % (0.35 kg). Hereby, the mass fraction of fat in goat's milk during this period increased by 0.09 %. During the period of high temperatures, goats spent a little less time eating food, watering and walking, but rested more in a supine position compared to the thermo neutral period. In general, in both temperature periods, the duration of the main acts of behavior in goats corresponded to physiological norms. The decrease in the duration of feed consumption during the temperature load caused a decrease in the number of feed reactions and the duration of chewing the cuddy in goats. The energy index, i.e. the amount of net energy consumption of feed, which transfers into milk energy during the temperature load decreased by 1.42 MJ %. Net energy consumption per 1 MJ of milk energy during the period of high temperatures has increased by 0.62 MJ.

Key words: goats, temperature, productivity, metabolic energy, behavior, bio-energy.

Introduction. Climate is a component that has a greater influence on animal welfare as well as on productivity, which is a limiting factor in the exploitation of animals for economic purposes (Souza et al., 2012). According to scientists, goats are the most stress-resistant animals compared to other domestic ruminants (Silanikov, 2015). However, it is also well known that high temperatures affect the productivity of small ruminants (Fonseca et al., 2016).

Heat stress causes significant financial losses. On average, it is estimated that 80 % of them are due to reduced milk productivity, and 20 % are related to animal health. This mainly concerns reproduction and immunity. During heat stress, the risk of scar acidosis increases significantly. This is due to reduced consumption of food, especially its bulk, reduced saliva (buffer) in the rumen, slowing rumination (Das et al., 2016).

Behavioral, morphological, physiological and genetic bases are one of the key mechanisms of adaptation of small ruminants under heat stress (Berihulay, et al., 2019).

As soon as goats are exposed to high temperatures, they activate their physiological adaptation. This is manifested in changes in behavior, phy-

siological, biochemical and endocrinological reactions of the blood to regulate body temperature and of maintain homoeothermic (Aleena, J. et al., 2018). Adaptation processes are energy consuming and animals do not direct their energy to production (Sejian, V. et al., 2018).

This behavior-reducing behavior is a typical characteristic of adapted goat breeds. The negative impact of heat stress on animal productivity can be explained by reduced feed consumption, digestibility and efficiency of use (Dangi, S.S. et al., 2015).

Although goats have the ability to adapt to the conversion of low-quality feed from pastures into products, if heat stress lasts longer, it can affect their productivity. Dairy animals are especially sensitive to heat stress, where a large amount of energy is needed for milk production. And dairy goats during lactation are prone to heat stress (Ominski, K.et al., 2002).

A very effective element of adaptation to external influences is the ability of animals to adapt their behavior to changes under environmental conditions. In this way, animals provide themselves protection from adverse climatic conditions, as well as provide themselves with food, avoid various stresses, and through sexual activity ensure the preservation of the genus (Voronyuk, 2019).

The aim of the research was to study the productivity, daily behavior and bio-energetic evaluation of Saanen goats in different periods of temperature load.

Materials and Methods. The research was carried out in IE «Babyni kozy» of Tetiiv district of Kyiv region (49 ° 23 '2' 'N, 29 ° 52' 45 " E) at a goat farm where a stable-pasture system of goats is used. In winter, goats are kept at free-stall housing on a deep, long-lasting litter, and during the grazing period, on a forage area. Goats are milked on a milking parlor into the milk line. A group of goats of Saanen breed of the 3rd lactation was formed during the period of the milk yield increasing (end of the first-beginning of the second month of lactation) in the amount of 15 heads. The research was carried out during two periods: the first period – thermoneutral one (average daily air temperature up to + 22.3 ° C and the second period – temperature load (average daily temperature + 27.6 ° C. Each period lasted 12 days. The level of feeding at the farm is high; the energy value of the consumed feed was 24–29 MJ/goat.

The daily goats behavior was studied according to the method to which during 2 consecutive days every 10 minutes in experimental groups, the number of goats were recorded which actively or passively consumed food, rested standing or lying near the feeder or on the litter, moved, consumed water during the observation period.

Energetic and productivity indices and specific energy consumption for milk were determined by methods (NRC, 2001):

EI = (E lactation · 100) : (E support + E lactation)

Where: EI is energy index, %;
E support is net energy of support, MJ;
E lactation is net energy of lactation, MJ.

PI = H (fat corrected milk yield 4 % (FCMY) :
: (E support + E lactation)

Where: PI is productivity index (milk production adjusted for 4 % fat, per 1 MJ of net energy consumption), kg / MJ;
H (fat corrected milk yield 4 % (FCMY) - yield of milk adjusted for 4 % fat, kg;
E support is net energy of support, MJ;
E lactation is net energy of lactation, MJ.

Net energy consumption per 1 MJ of milk energy, MJ = Total net energy consumption per day / Net milk energy per day

The obtained data were statistically processed using STATISTICA (Version 11.0, 2012) software. The Student's *t*-test was used to estimate the statistical significance of the obtained values. Data were considered significant at $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$.

Results. Weather and climatic conditions are an important component of the proper organization of dairy goats and significantly affect their milk productivity (Silanikove, 2015). Heat stress leads to a significant reduction in dry matter consumption, milk yield, milk quality and reproductive performance (Salama et al., 2014).

The results prove that the increase in ambient temperature caused a decrease in average daily milk yield by 0.35 kg and an increase in the mass fraction of fat in milk by 0.09 % (P <0.05) (Table I). The maintenance of metabolic energy and the release of OE with milk were lower during the temperature load by 0.40 MJ.

Changes of external conditions lead to a restructuring of the adaptive behavior of animals, their motor activity, which allows using of ethological properties to assess the state of the organism at different temperatures (Borshch et al., 2017a; Borshch et al., 2017b).

The researches have shown that during different periods of temperature load, the duration of food eating by animals was in the range of 4.47–4.70 h (Table II).

Table 1 – **I: Productivity and daily costs of metabolic energy in goats.**

Indicator	Period	
	I	II
	n=15	n=15
Live weight, kg	56.8±0.62	56.8±0.62
Mass fraction of fat in milk,%	3.62±0.036	3.71±0.023*
Average daily milk yield for 10 days, kg	3.27±0.19	2.92±0.21
Metabolic energy, MJ	23.25±0.15	22.85±0.14
Allocated ME with milk, MJ	6.21±0.41	5.81±0.63

Note: as compared with I period $^{*}P < 0.05$.

Table 2 – **II: The effect of heat stress on the behavioral aspects of goats.**

Behavior	Period	
	I	II
	n=15	n=15
Eating time, min	282±3.66	268±4.25*
Lying time, min	488±11.10	515±12.08
Drink water time, min	37±0.49	44±0.37***
Walking time, min	236±2.72	209±2.92***
Standing time, min	364±3.68	373±3.57
Located in the milking area time, min	25±0.25	24±0.29
Are in the milking machine time, min	8±0.09	7±0.15***

Note: as compared with I period $^{*}P < 0.05$; $^{***}P < 0.001$.

At high temperatures, this figure decreased by 14 minutes (P <0.05).

There is a tendency to increase the duration of goats' lying time during the period of high temperature load for 27 min compared to the thermal neutral period.

It was associated with conservation of energy or thermoregulation (reducing the exposure to direct radiation) (Kaliber et al., 2016).

With increasing of temperature, water consumption by goats increased by 7 minutes (*** P <0.001). It was found that the animals moved less for 17 minutes (*** P <0.001).

The increase of ambient temperature helped to reduce the duration of animals' walking by 27 minutes (*** P <0.001) compared to the thermal neutral period.

The change in temperature profile affected the number of reactions of feed consumption by goats (Table III).

Thus, during the period of temperature loading the number of reactions of feed consumption decreased by 0.58 times. This favored the increase of the intervals duration between feed consumption reactions by 10.73 minutes.

Table 3 – **III: The state of the basic metabolism and feed reactions in goats at different temperature conditions.**

Indicator	Period	
	I	II
	n=15	n=15
The cost of metabolic energy to support life (basic metabolism), MJ	17.04±2,21	17.04±2,21
Duration of eating, min	282±3.66	268±4.25*
Number of reactions of feed consumption, times	8.84±0.27	8.26±0.43
Intervals between feed consumption reactions, min	128.73±4.73	139.46±7.03
Duration of rumination, min	468±7.38	444±9.56*
Number of bouts ruminating, times	9.76±0.76	9.45±0.59
Intervals between rumination, min	109.84±4.82	106.39±6.34
Assimilation of energy per interval, MJ	1.75±0.16	2.06±0.47
Time spent per 1 MJ, min	84.50±1.24	84.50±1.24
Assimilation of energy in one minute, MJ	0.0118±0.0008	0.0118±0.0008

Note: as compared with I period $^{*}P < 0.05$.

The duration of goats' chewing the cuddy during the second period was less by 24 minutes (* P <0.05). Reducing the duration of feed and chewing the cuddy consumption during high temperatures and increasing the intervals between these processes has helped to increase the intensity of energy assimilation by 0.31 MJ, which indicates a more rational absorption and use of feed energy.

For a more complete analysis of the influence of different periods of temperature load on the lactating goats' body, an assessment of their bioenergetic characteristics was performed. The results of the research showed that during the period of high temperatures at almost the same metabolic mass the net energy consumption of goats for the production of 1 kg of 4 % milk decreased by 0.40 MJ (Table IV).

The total net energy consumption during the temperature load was lower by 0.40 MJ, the energy index – by 1.47 %, the productivity index – by 0.09 kg of milk yield per 1 MJ compared to the thermo neutral period.

The net energy consumption per 1 MJ of milk energy under high temperature was 0.19 MJ higher. At the same time, it was released by 0.009 MJ less of energy with milk per 1 kg of metabolic live weight.

Discussion. Goats are considered more tolerant to heat stress compared to dairy cows because of their faster sweating rate and lower body weight: a surface ratio that allows greater heat transfer. It has been investigated that dairy goats that were kept under heat load in the climate chamber suffered by 22–35 % loss in feed intake and 3–10% less in milk with reduced fat, protein and lactose content (Salama et al., 2014). In our researches, it has been found that the increase of ambient temperature helped to reduce the duration of feed consumption by goats by 4.96 %, reduced the average daily milk yield by 10.7 % and increased the fat content in milk by 0.09 % (P<0.05).

It has been installed that despite the reduction of feed consumption by goats under heat stress, they gave similar milk yield to goats in the thermoneutral period at the end of lactation. However, the protein content in the milk of goats under heat stress decreased, while the milk fat content did not change (Hamzaoui et al., 2013).

Investigating the effect of temperature on the energy balance in Saanen and Anglo-Nubian goats, it was found that with increasing air temperature from 10 to 35 °C the consumption of dry and organic matter by animals decreased. Methane production in Saanen goats was higher at a temperature of 35 °C than in goats of the Anglo-Nubian breed. Metabolic energy (ME) and metabolism (q) in Saanen goats were lower comparative Anglo-Nubian goats (Lima et al., 2020).

We have defined that the period of high temperature load becomes a stress factor for goats and causes a decrease in the duration of feed consumption from 282 minutes up to 268 minutes and chewing the cuddy – from 468 to 444 minutes. However, the duration of lying increases from 488 to 515 minutes.

Investigating the effect of heat stress and lack of water on the behavioral responses of milk goats was found reduction in walking from 226 to 209 min/day and increase in lying from 417 to 457 min/day (Kaliber et al., 2016). Heat stress increased digestibility, which might partially compensate the reduction in feed intake (Fonseca, 2016).

Our studies have revealed a decrease in total net energy consumption during high temperatures by 0.40 MJ and an increase in net energy consumption by 1 MJ of milk energy by 0.19 MJ.

It was found that Saanen and Anglo Nubian goats are able to maintain homeostasis in environments between 10 and 35 ºC. On the other hand, the increase in ambient temperature leads to lower intake, resulting negative energy balances. Above 20 °C, goats tend to decrease fasting heat production, as an attempt to spare heat load in hot environments (Lima et al., 2020).

Table 4 – **IV: Bioenergetic characteristics of goats at different temperature loads.**

Indicator	Period	
	I	II
	n=15	n=15
Metabolic live weight, kg	42.6	42.6
Net energy consumption per 1 kg of 4% milk, MJ	6.21	5.81
Total net energy consumption (ME support + ME allocated with milk), MJ/day	23.25	22.85
Energy index, %	21.76	20.29
Productive index, 4% fat-corrected milk yield at 1 MJ	0.142	0.131
Net energy consumption per 1 MJ of milk energy, MJ	3.74	3.93
Energy with milk per 1 kg of metabolic live weight, MJ is allocated	0.146	0.137

Conclusion. The period of high temperature load becomes a stress factor for goats and causes a decrease in feed activity – the duration of feed and chewing the cuddy consumption and, as a consequence, a decrease in productivity. The duration of rest in the supine position increases.

At the same input of exchange energy for basic exchange, net energy consumption in goats for the production of 1 kg of 4% milk, energy and productivity indices are reduced.

REFERENCES

1. Fonseca, W.J.L., Azevêdo, D.M.M.R., Campelo, J.E.G., Fonseca, W.L., Luz, C.S.M., Oliveira, M.R.A., Evangelista, A.F., Borges, L.S., Sousa Júnior, S.C. (2016). Effect of heat stress on milk production of goats from Alpine and Saanen breeds in Brazil. Archivos de Zootecnia, 65 (252), pp. 615–621.

2. Silanikove, N., Darcan, N.K. (2015). Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. Small Ruminant Research, 123 (1), pp. 27–34. DOI:10.1016/j.smallrumres.2014.11.005.

3. Das, R., Lalrengpuii, S., Nishant V., Pranay B., Jnyanashree S., Imtiwati, Rakesh K. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review Vet World. 9(3), pp. 260–268. DOI:10.14202/vetworld.2016.260–268.

4. Berihulay, H., Abied, A., He, X., Jiang, L., Ma, Y. (2019). Adaptation Mechanisms of Small Ruminants to Environmental Heat Stress. Animals, 9, 75 p. DOI:10.3390/ani9030075.

5. Aleena, J., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Beena, V., Bhatta, R. (2018). Resilience of three indigenous goat breeds to heat stress based on phenotypic traits and PBMC HSP70 expression. Int. J. Biometeorol., 62, pp. 1995–2005.

6. Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R., Lacetera, N. (2018). Adaptation of animals to heat stress. Animal, 12, pp. 431–444.

7. Dangi, S.S., Gupta, M., Dangi, S.K., Chouhan, V.S., Maurya, V.P., Kumar, P., Singh, G., Sarkar, M. (2015). Expression of HSPs: An adaptive mechanism during long-term heat stress in goats (Capra hircus). Int. J. Biometeorol, 59, pp. 1095–1106.

8. Ominski, K., Kennedy, A., Wittenberg, K., Nia, S.M. (2002). Physiological and production responses to feed-ing schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. Journal of Dairy Science, 85(4), pp. 730–737.

9. Moyo, M., Adebayo, R.A., Nsahlai, I.V. (2019). Effects of diet and roughage quality, and period of the day on diurnal feeding behavior patterns of sheep and goats under subtropical conditions. Asian-Australia's J Anim Sci, 32 (5), pp. 675–690. DOI:10.5713/ajas.17.0901.

10. NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National. Academy Press, 2101 Constitution Avenue, N.W., Lockbox 285, Washington. pp. 13–28.

11. Borshch, O. O., Borshch, O. V., Donchenko, T., Kosior, L., Pirova, L. (2017). Influence of low temperatures on behavior, productivity and bioenergy parameters of dairy cows kept in cubicle stalls and deep litter system. Ukrainian Journal of Ecology, 7 (3), pp. 73–77. DOI:10.15421/ 2017_51.

12. Borshch, O. O., Borshch, O. V., Kosior, L. T., Pirova, L. V., Lastovska, I. O. (2017). Influence of various litter materials and premises characteristics on the comfort and behavior of cows. Ukrainian Journal of Ecology, 7(4), pp. 529–535. DOI:10.15421/2017_156.

13. Neave, H. W., Marina, A. G., Keyserlingk, V., Weary, D. M., Zobel, G. (2018). Feed intake and behavior of dairy goats when offered an elevated feed bunk. J. Dairy Sci., 101, pp. 1–8. DOI:10.3168/jds.2017-13934.

14. Nalyvaiska, N. M. (2011). Environmental factors and their impact on lactation of goats. Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after Gzhytsky. 13 (4(4)), pp. 307–313.

15. Grosso, L., Battini, M., Wemelsfelder, F., Barbieri, S., Minero, M., Dalla Costa, E., Mattiello, S. (2016). On-farm Qualitative Behaviour Assessment of dairy goats in different housing conditions. Applied Animal Behaviour Science, 180, pp. 51–57. DOI:10.1016/j.applanim. 2016.04.013.

16. Carbonaro, D.A., Friend, T.H., Dellmeier, G.R., Nuti, L. C. (1992). Behavioral and physiological responses of dairy goats to food thwarting. Physiology & Behavior, 51(2), pp. 303–308. DOI:10.1016/0031-9384(92)90145-R.

17. Usapfa, L., Gontse, M. (2017). Effect of time and period of occupation on the feeding behavior of Boer goats, Mafikeng, North West Province, South Africa. Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(6), pp. 1882–1885.

18. Castro Lima, A. R., Da Rocha Fernandes, M.H.M., Felismino Silveira, R., Biagioli, B., De Almeida Teixeira, I.A.M., De Resende, K.T. (2020). Energy expenditure of Saanen and Anglo-Nubian goats at different temperatures. Small Ruminant Research, 193, pp. 106–256. DOI:10.1016/ j.smallrumres.2020.106256.

19. Hooper, SIlva P. S., Oliveira S. A., Meringhe, G.K.F., Negrão, J.A., Lacasse, P. (2019). Effect of heat stress in late gestation on subsequent lactation performance and mammary cell gene expression of Saanen goats. Journal of Dairy Science, 103 (2), pp. 1982–1992. DOI:10.3168/ jds.2019-16734.

20. Hamzaoui, S., Salama, A.A.K., Albanell, E., Such, X., Caja, G. (2013). Physiological responses and lactational performances of late-lactation dairy goats under heat stress conditions. Journal of Dairy Science, 96 (10), pp. 6355–6365. DOI:10.3168/jds.2013-6665.

21. Serradilla, Juan M., Carabaño, María J., Manuel, R., Antonio, M., Diaz, C., Menéndez-Buxadera, A. (2017). Chapter 15. Characterisation of Goats' Response to Heat Stress: Tools to Improve Heat Tolerance. pp. 329–347. DOI:10.5772/intechopen.70080.

22. Kaliber, M., Koluman, N., Silanikove, N. (2016). Physiological and behavioral basis for the successful adaptation of goats to severe water restriction

under hot environmental conditions. Animal, 10(1), pp. 82–88. DOI:10.1017/S1751731115001652.

23. Heather, W. neave, M.A.G., Von Keyserlingk, D.M., Weary, G. Z. (2018). Feed intake and behavior of dairy goats when offered an elevated feed bunk. J. Dairy Sci., 101, pp. 3303–3310. DOI:10.3168/jds.2017-13934.

24. Salama, A.A.K., Caja, G., Hamzaoui, S., Badaoui, B., Castro-Costa, A., D.A.E. Façanha, M.M., Guilhermino, R.B. (2014). Different levels of response to heat stress in dairy goats. Small Ruminant Research, 121 (1), pp. 73–79. DOI:10.1016/j.smallrumres.2013.11.021.

25. Voronyuk, O. (2019). Some features of the behavior of goats of the Anglo-Nubian breed. Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral, 94, pp. 56–58. DOI:10.37000/abbsl.2019.94.09.

Вплив високих температур на поведінку, продуктивність та біоенергетичні характеристики кіз

Луценко М.М., Пірова Л.В., Ластовська І.О., Косіор Л.

Анотація. В статті наведені результати досліджень впливу температури навколишнього середовища у термонейтральний період та у період високих температур на продуктивність, добову поведінку та біоенергетичні ознаки кіз зааненської породи. Дослідження проводили у ФОП «Бабині кози» Київської області за стійлово-пасовищної системи утримання кіз. Взимку застосовувалось безприв'язне утримання тварин на глибокій підстилці, в пасовищний період – на вигульно-кормовому майданчику. Доїння кіз проводилось на доїльній установці у молокопровід.

Було сформовано групу кіз зааненської породи 3-ї лактації у період роздою у кількості 15 голів. Дослідження проводили у термонейтральний (середня добова температура повітря становила до +22,3°С) і в період температурного навантаження за середньодобової температури повітря + 27,6°С. Кожен період тривав по 12 діб.

Встановлено, що на зміну температури кози відреагували зниженням продуктивності – на 10,70 % (0,35 кг). При цьому масова частка жиру в молоці кіз в цей період підвищилась на 0,09 %. У період високих температур кози дещо менше часу витрачали на поїдання кормів, напування та ходьбу, але більше відпочивали у положенні лежачи, порівняно з термонейтральним періодом. В цілому, в обидва температурні періоди тривалість основних актів поведінки у кіз відповідала фізіологічним нормам. Зниження тривалості споживання корму у період температурного навантаження спричинило зменшення чисельності кормових реакцій та тривалості жуйки у кіз. Енергетичний індекс, тобто кількість нетто-витрат енергії кормів, яка переходить в енергію молока у період температурного навантаження, знизився на 1,42 МДж %. Чисті витрати енергії на 1 МДж енергії молока у період високих температур збільшились на 0,62 МДж.

Ключові слова: кози, температура, продуктивність, обмінна енергія, поведінка, біоенергетика.

Copyright: Lutsenko M. 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:
Pirova L. https://orcid.org/0000-0002-3644-6579
Lastovska I. https://orcid.org/0000-0003-0763-8528
Kosior L. https://orcid.org/0000-0002-8214-5670

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

UDK 636.22/28.081.14

Linear type traits that characterize body development as the predictors of lifetime of Ukrainian Black-and-White dairy and Holstein cows

Khmelnychyi L., Samokhina E., Khmelnychyi S., Karpenko B.

Sumy National Agrarian University

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

OPEN ACCESS

Хмельничий Л.М., Самохіна Є.А., Хмельничий С.Л., Карпенко Б.М. Лінійні ознаки типу, які характеризують розвиток тулуба - предиктори довголіття корів української чорно-рябої молочної та голштинської порід. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 19–28.

Khmelnychyi L., Samokhina E., Khmelnychyi S., Karpenko B. Linear type traits that characterize body development as the predictors of lifetime of Ukrainian Black-and-White dairy and Holstein cows. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 19–28.

Рукопис отримано: 26.01.2023 р.
Прийнято: 09.02.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-19-28

The researches were conducted in the aspect of studying the problem of dairy cows lifetime depending on the linear traits assessment of the conformation type. By the linear classification method were estimated firstborn cows of the Ukrainian Black-and-White dairy (UBWD) and Holstein (H) breeds. Descriptive traits of the conformation that characterize the overall body structure were studied: chest width, body depth, angularity, body condition, rear width and position. According to the research results, the relative variability of the descriptive type traits assessment with cow's lifetime was determined. The relative variability of chest width and cow's lifetime was curvilinear. Cows for chest width assessment of 4–7 score had a higher lifespan with a variability of 2704–2844 (UBWD) and 2688–2789 (H) days. The highest lifetime was in animals with an assessment for body depth development of 6-9 score with an unreliable predominance of Ukrainian Black-and-White dairy breed cows, with the highest grades of both breeds 2824 (UBWD) and 2802 (H) days with an assessment of 9 score. Animals with an optimal angularity estimation of 5 score differed, lived the longest – 2842 (UBWD) and 2828 (H) days, while with increasing and decreasing score for this trait, the number of lifetime days of cows declined. According to the rump width assessment, lifespan was highest in cows with a 9 score – 2766 days (UBWD) and 2832 days (H). Cows of UBWD with the highest assessment for this body part development of 9 score were used on 592 ($P < 0.001$), and Holstein on 708 ($P < 0.001$) days longer compared to animals with 1 score. The maximum lifetime of animals with an average assessment for body condition of 5 score was 2842 (UBWD) and 2774 (H) days. Cows with body condition score below average lived and were used in the herd much longer than with a higher one. The degree of relationship variability between the assessment of these traits and the lifetime of animals depended on the specific body part.

Key words: Ukrainian Black-and-White dairy breed, Holstein, linear type traits, lifetime.

Problem statement and analysis of recent research. Dairy cattle breeding is one of the leading branches of animal husbandry, which explained by the wide distribution of cattle in different natural and economic zones and the high share of milk and beef in the total mass of livestock products. In recent years, significant progress has been made in the development of scientific foundations and practical methods for improving production technology in dairy cattle breeding, realizing the genetic potential of animal productivity, improving their technological qualities, and obtaining high-quality products. Created Ukrainian dairy breeds, when providing optimal conditions for feeding and care, are capable of high productivity that was proven by individual enterprises for their breeding.

Against the background of increasing the milk productivity of the created breeds, a problem

arose, which consisted in reducing the duration of their use. The terms of the productive longevity of dairy cows become one of the main criteria for the efficiency and profitability of dairy farming. Calculations show that if the average duration of use of cows will be less than 2.5 lactations, then the mother cows will begin to drop out from the herd before their daughters give birth.

Since the modern dairy breeds of Ukraine were created by methods of reproductive crossing, they are currently characterized by significant diversity in terms of their genotypic composition.

In farms where the conditions for feeding and keeping livestock are still somewhat less than optimal, animals received from the breeding of hybrid genotypes "in itself", thanks to their unique adaptive qualities, could differ in terms of longevity from (high-blooded) purebred breeds obtained from absorptive crossbreeding. Since the latter were characterized by much higher fastidiousness to environmental conditions.

In general, the longevity of cows is a complex holistic trait determined by a group of both hereditary and paratypical factors. The solution of the problem of at the expense of hereditary factors became more complicated due to the low longevity heritability of the traits that characterize it. World studies have reported that in the selection of dairy cattle, the traits of longevity were characterized by low heritability, although no one doubts their hereditary conditioning. According to the authors [33], the degree of heritability of lifespan was 0.01–0.36, depending on the breed and research method. Other sources of information report that the heritability of lifetime of Holstein cows varied from 0.05 to 0.07 [37], in animals of the Simmental breed of the Czech Republic heritability coefficients ranged from 0.04 to 0.05 [40], and Holstein cows from 0.03 to 0.05 [41].

In the study of the conditional share influence of Holstein blood on cow's longevity traits of the Holsteinized intrabreed type of Ukrainian Red dairy breed [5], a decrease in the economic use duration with an increase in the heredity share of improving breed was established. Which in crossbreeds with 25.1–50.0% blood was 1803 days, while in animals with 50.1–75.0% blood – 1672, and with blood 75.1 and more – 1710 days.

In the herd of the Ukrainian Red dairy breed in the breeding farm "Partizan", on a population of 275 cows, a relatively higher and reliable (up to $P<0.001$) relationship with the effectiveness of lifetime use was noted on indicators of blood for improving breeds (-44.2...40.7%), attachment density of the front (23.0...26.8%) and rear (23.2...30.5%) udder parts and the final score by type of body structure (8.7...21.7%) [4].

According to the research results on the influence of Holstein breed heredity on the traits of cows longevity of the Ukrainian Black-and-White dairy breed, it was established that in crossbred animals, daughters of the breeding bull Leros 909528547, with conditional Holstein blood of 62.6-75.0%, the lifespan was in an average of 2159 days, and in crossbred animals with 87.6-93.75% blood – 1981 days. In the daughters of the sire V. Astronomer 2160438, these indicators were 3271 and 2098 days, the difference of 1173 days was reliable at $P<0.01$, respectively [29].

Based on the information on 2517 cows of the Black-and-White breed and crossbreeds with the Holstein, the lifetime was studied, which amounted to 2202±104.9 days in cows crossbred by the Holstein (50.0 H "in itself"), 2358±26.5 (50.0 % H of crossbreeding), 1757±144.7 (75.0 H "in itself") and 2032±26.8 days (75.0% H of crossing). That is, with the increase in the heredity of Holstein breed, the lifetime of crossbred cows decreased, and cows of crossbred genotypes from breeding "in itself" were inferior by this indicator to animals obtained in the variant of absorptive crossbreeding [14].

According to the research of seven experimental groups of crossbred cows of Ukrainian Red-and-White dairy breed, taking into account the conditional blood of Holstein breed (I group 25.0%, II – 37.5; III – 50.0; IV – 62.5; V – 75.0; VI – 87.5; and VII – 93.75%) the highest lifetime of cows with 25.0% Holstein blood was established, which amounted to 2762 days using animals of 5.3 lactations. In cows with Holstein heredity of 93.75%, similar indicators were 1989 days and 3.2 lactations, respectively, a difference of 773 days with high reliability ($P<0.001$).

About the genetic component in the overall phenotypic variability of the traits of duration of life and productive longevity was also reported by other Ukrainian scientists [7, 16, 20, 24, 26, 27].

Solving the problem of dairy cattle longevity was helped by the selection of animals on the traits of conformation type, since the motivation of this measure was based on the existence of correlative variability between body parts of the conformation and indicators of cow's use duration [10, 25, 30, 35, 37, 40, 41].

According to studies on determining the relationship between the udder linear traits and cows lifetime assessment of the Ukrainian Black-and-White dairy breed, it was established that cows with higher scores for condition of the morphological udder traits development – the strength of front parts attachment (8 score), height of the rear parts attachment (8 score), expressiveness of the central ligament (9 score) and udder depth

(9 score), have a significant advantage in terms of lifetime, exceeding animals with the lowest score by 762–970 days. By the assessment of linear body part – front teats placement, cows with an assessment of 5 score (2337 days) were used for the longest time in the farm's herd [23].

When studying the descriptive linear traits that characterize the limbs condition of cows of the Ukrainian Black-and-White dairy breed, it was established that the lifetime of animals with an assessment of the hock joint angle at 5 and 6 score compared to groups of animals with an estimation of 1 and 9 score exceeded for 592 and 333 days, respectively. Studies have proven the positive influence of the hind limbs posture, foot angle and locomotion on the lifetime of animals. Groups of animals with an estimate of 9 score exceeded animals with an estimate of 1 score in lifespan by 971; 1094 and 1127 days at a highly reliable level, respectively [19].

According to the linear estimation of Jersey cows, significant moderate to strong positive genetic correlations were established between most udder traits and the functional life of cows in the herd (from 0.23 to 0.63) [31]. The authors [32] based on studies of Mexican Holsteins suggest including five linear traits (chest width, teat length, central ligament, texture and udder depth), which were positively correlated with the length of productive life, as indirect predictors of longevity.

The duration of use of brown Swiss cows was influenced by the existence of moderate genetic correlations between the productive life and the hind limbs posture (r = 0.35) and foot angle (r = 0.25) [39].

The authors [36] are convinced that indirect genetic selection for the traits of udder depth, placement of rear teats, udder texture, bone quality, front udder attachment, body depth and chest width can lead to a correlated increase by the longevity of Holstein cows in tropical conditions.

It should be noted that in modern conditions of intensive milk production technologies, the longevity indicators of dairy cows occupy an important link in the economic chain of the livestock industry development, since the profitability of its management largely depended on them [8, 14]. Due to its high economic importance, national dairy associations have registered longevity as a breeding trait [15, 38].

The introduction of the method of linear classification into the selection process of improving dairy breeds of Ukraine [28] made it possible to reveal the desired development of those linear traits on which the lifetime of animals depended, in order to consider them in the selection process.

Materials and methods of research. The research was carried out in the herd of the company "Ukrlandfarming" PE "Burynske" of the Pidlisniv branch in the Sumy district for the breeding of Ukrainian Black-and-White dairy (n=278) and Holstein (n=293) breeds. The conformation type of firstborn cows was assessed using the linear classification method [28] by the latest ICAR recommendations [11] at the age of 2–4 months after calving. Experimental indicators were processed by the methods of biometric statistics on a PC by the formulas given of O.G. Blyznyuchenko [13].

The aim of the research. The purpose of our research was to study the dependence of the lifetime of Ukrainian Black-and-White dairy cows (UBWD) and Holstein (H) breeds on the assessment level of linear traits that characterize their body structure.

Research results and discussion. By the results of the linear classification of descriptive traits of the conformation, which characterize the overall body structure of the firstborn cows of experimental breeds in the controlled herd: chest width, body depth, angularity, body condition, rump position and width, the corresponding relative variability between these traits assessment and the animals lifetime was established.

The strength of dairy cows characterized by the chest width, as it indicates the chest volume, which houses the vital organs of respiration and blood circulation. Animals with a well-developed chest have a strong type of constitution. The results of assessment of the chest width influence on the cow's lifetime (Fig. 1) indicate a relative curvilinear relationship between these traits, which was characteristic of both breeds. Animals with a chest width assessment in 4-7 score had a higher lifespan with a variability of 2704–2844 days for Ukrainian Black-and-White dairy cows and 2,688–2,789 days for Holstein breeds.

With an increase in the assessment from the average value of 5 to 9 score, the lifetime of UBWD cows decreased by 385 days ($P<0.01$), and a decrease in the assessment to 1 score shortened the life by 455 days ($P<0.001$). The average assessment in 5 score for cows of the Holstein breed provided the highest lifespan (2789 days). The difference between the assessment in 5 and 9 score was 400 days ($P<0.001$), and in comparison with 1 score – 487 days ($P<0.001$).

The interbreed statistically unconfirmed difference between the type trait of chest width and lifetime within the 9-score descriptive linear assessment was 16–79 days in favor of cows of the Ukrainian Black-and-White dairy breed.

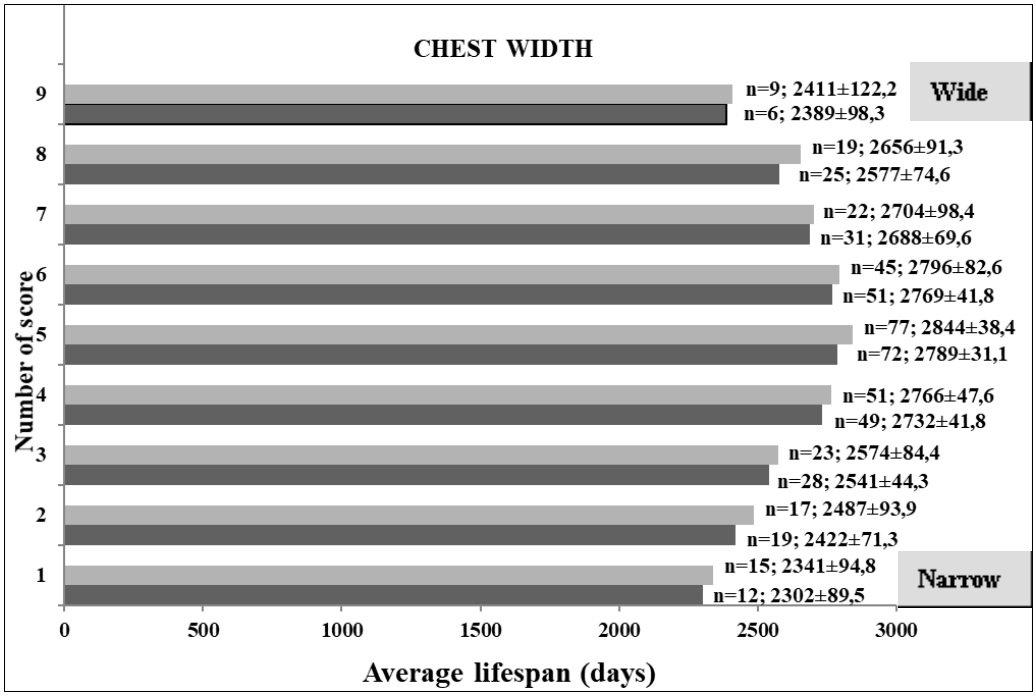
The body development of dairy cows in depth characterizes the appropriate condition of the

digestive tract. Deep-bodied cows are able to consume significantly more roughage and convert it into milk production. This conclusion was confirmed by the results of studies that established high and reliable correlation coefficients between body depth and milk yield of cows during the first lactation [8, 18].

The results of studies on the determination of the correlative variability of the score assessment of the descriptive type trait "body depth" and the lifetime of cows in the controlled breeds indicate that the longest lifespan was inherent in animals with body part development of 6–9 score. An unreliable predominance was in cows of the Ukrainian Black-and-White dairy breed with the highest indicators in both breeds of 2824 (UBWD) and 2802 (H) days with an assessment in 9 score (Fig. 2). About the influence of scores for a certain level of development of descriptive linear traits in overall, and body depth in particular, on lifetime was evidenced by the correlative reliable difference between an assessment in 1 score and of 5 to 9 score. Which was for UBW cows from 242 ($P<0.05$) to 422 ($P<0.001$) days and for Holstein cows from 173 (unreliable) to 388 ($P<0.001$) days.

The importance of the next linear trait – angularity, in the breeding of dairy cattle was confirmed by studies that established the existence of a highly reliable positive correlation between this trait and milk yield during the first lactation [8, 18]. Similarly, the angularity is in a positively correlated variability with the lifetime of dairy cows of Ukraine and the world [9, 21, 22, 31, 32, 34, 39].

According to the data of our research, cows of the UBW and Holstein breeds with excessive angularity and the longest lifetime (2812 and 2846 days) were estimated by higher score, which gradually downgraded with a decrease in the assessment for this trait (Fig. 3). Animals of both breeds with the desired development of this trait, assessed at 9 score, exceeded the groups of animals with an assessment of 1–8 score at 28–547 (UBWD) and 38-513 (H) days from an unreliable difference to a highly reliable one. In UBW cows, a statistically significant difference was found starting in the comparison of the group of animals with an assessment of 9 score to the group assessed in 5 score, which was 134 days ($P<0.05$). A significant intergroup difference among Holstein cows began when comparing groups with estimates of 9 and 6 score, which was 144 days ($P<0.01$). The interbreed difference for this type trait within the 9-score scale was in favor of Holstein cows and amounted to a variability of 28–87 days, but it was not statistically reliable.



Note: here and later – ■ – Ukrainian Black-and-White dairy breed;
■ – Holstein breed.

Fig. 1. **Correlative variability of the score assessment for descriptive type trait "chest depth" and lifespan of cows in controlled breeds.**

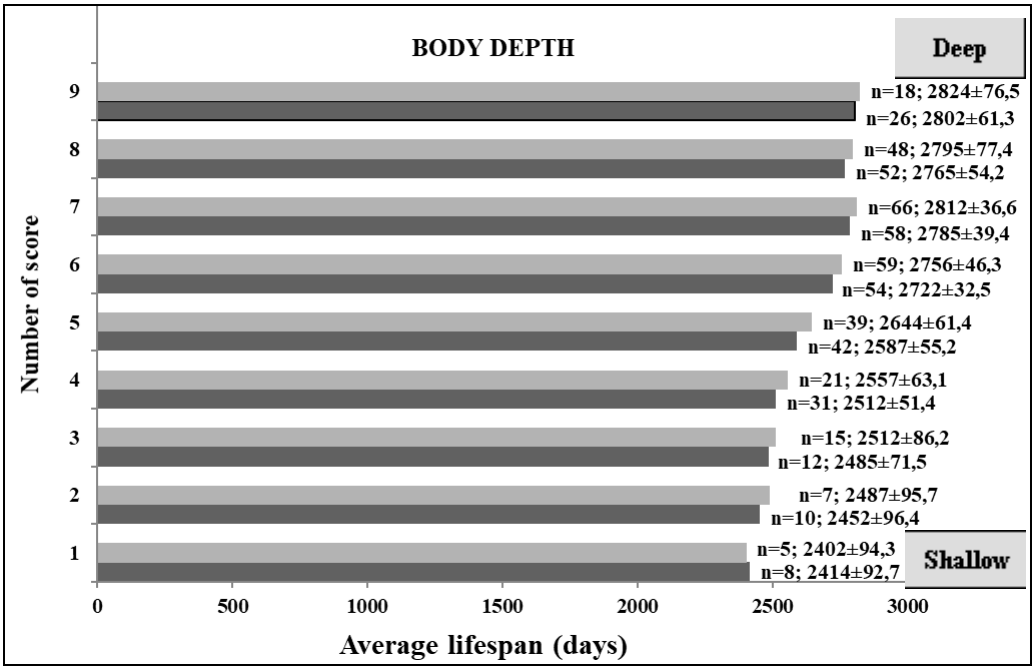


Fig. 2. **Correlative variability of the score assessment for descriptive type trait "body depth" and lifespan of cows in controlled breeds.**

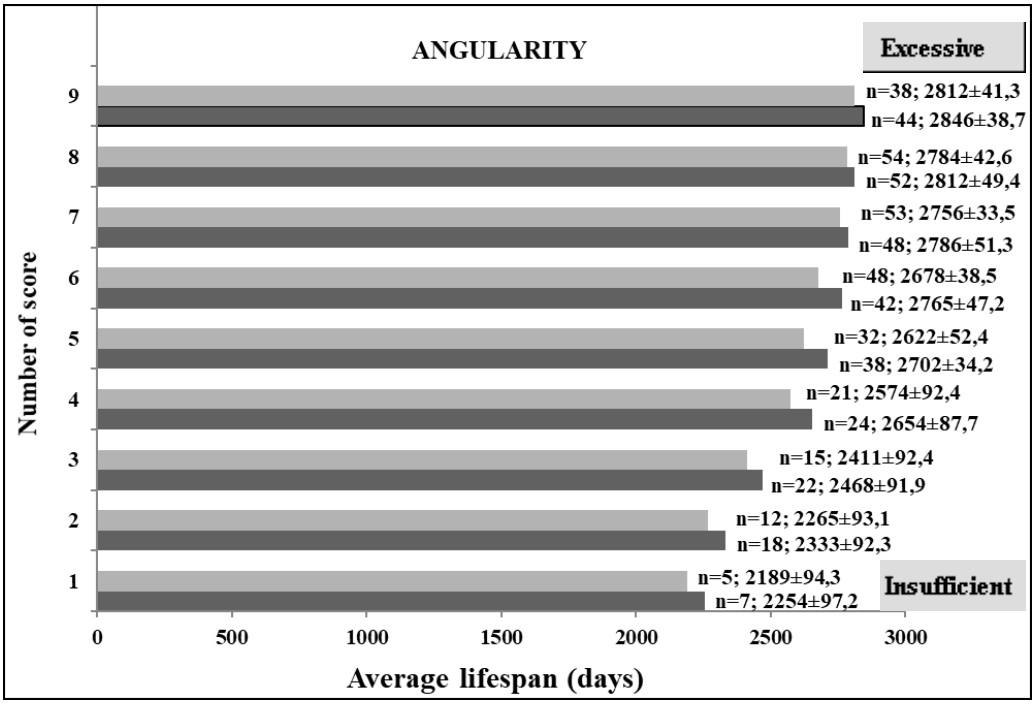


Fig. 3. **Correlative variability of the score assessment for descriptive type trait "angularity" and lifespan of cows in controlled breeds.**

The linear descriptive trait "rear posture" takes into account the degree of slope or raise of the rump along a conditionally drawn line at the level of the upper points of the hook bones and ischial humps. The optimal level of slope between the extreme points 2–4 cm was a desirable expression of this type trait estimated at 5 score. The deviations in the direction of the rump posture assessment to 1 (raise) or 9 score (slope) will be significant body part disadvantages. The rear posture greatly affected on the reproductive capacity of animals. If the rump is very high, there is a risk of the birth canal infection. According to our research results, the relationship between the estimation of this trait condition and the lifetime of cows characterized by curvilinear correlative variability. Animals with an optimal body part assessment in 5 score had the highest lifespan – 2842 (UBWD) and 2828 (H) days, while with an increase and decrease in the score for this trait, the number of cows days of life declined.

The difference by the average lifetime between cows estimated in 5 score compared to the group of animals assessed at 9 score was 354 (UBWD; $P<0.01$) and 363 (H; $P<0.01$) days. When comparing groups of animals assessed in 5 and 1 score, a reliable difference was revealed, which amounted to 388 (UBWD; $P<0.001$) and 412 (H; $P<0.001$) days.

The functional value of the linear trait of the conformation "rump width", which was estimated by the distance between the caudal protrusions of the ischial hills. In the system of linear classification of dairy cattle, is that a wide rump provides a larger area for udder attachment, a large capacity of the pelvic cavity, widen the birth canal contributing to an easier course of calving of the cow. Separate studies prove that the good rear development of cows in width affects the similar formation of udder morphological traits [3, 6, 12, 17, 18]. Confirming this fact with high correlation coefficients between the udder girth and width at the hooks in Simmental x Holstein 5/8-blood ($r=0.526$) and 3/4-blood ($r=0.608$) hybrids [12], between the rump length and the udder length ($r=0.17$), as well as between the rump and udder bottom slope ($r=0,13$) [6]. Between the rear length and the udder length F.L. Garkavyi [3] also found a highly reliable positive correlation ($r=0.49$). On this occasion, the author believed that both a large and a small udder can be accommodated under a long and wide pelvis, and only a small udder under the small pelvis. According to the following research data [2, 18], the ischial humps width is positively correlated with the udder girth with a variability of 0.134–0.303 depending on the farm, length ($r=0.141–0.351$) and width ($r=0.161–0.417$) and the length of the udder front part ($r=0.111–0.302$). There is a study proves that the rump width provides the strength of the cow's spine [1].

The indicators of the histogram (Fig. 5) show that the lifetime of cows also depends on the assessment level for the rump width. UBW cows with the highest assessment for this body part development of 9 score were used for 592 ($P<0.001$), and Holstein cows for 708 ($P<0.001$) days longer compared to animals with an assessment in 1 score.

Among the estimated herd of experimental breeds, a significant number of cows ($n=183$ and 205) were assessed for the rump width at 6 to 9 score, that is, the predominant amount of cows or 65.8 and 70.0% are under the development of quite important in the breeding relationship type trait above than average indicator.

The linear trait of body condition of dairy cows was assessed visually by the thickness of the fat coating in places above the tail root and the pelvis. The assessment degree of the cow for the trait of body condition indicated the amount of fat reserves in the animal's body. The value of the assessment will rise with an increase in fat influx and, conversely, will decrease when the cow is exhausted. The authors of scientific studies [27] reported that fatness often negatively correlated with other descriptive traits as well as with productivity. By the research of Swiss Holstein cows [35], body condition was negatively correlated with chest width trait ($r=-0.39$), dairy forms ($r=-0.35$), udder quality ($r=-0.42$) and milk production ($r=-0.17$). As reported by the Italian Holstein Association [28], body condition was quite closely negatively correlated with angularity ($r=-0.612$) and milk yield per lactation ($r=-0.386$), indicating that high-yielding cows tend to lose weight. However, cows that were classified as thin were better in terms of longevity, as reported in research on Holstein cattle in the Czech Republic [40].

The study's results of cows of the Ukrainian Black-and-White dairy and Holstein breeds, presented in the histogram (Fig. 6), are consistent with the results obtained [9]. Which indicate that the highest degree of body condition score was negatively related to the lifetime of cows in the experimental herd, then as animals with a lower score for the same trait, on the contrary, live and are used much longer. In our research, the highest average lifespan of animals with body condition score of 5 was on average 2842 (UBWD) and 2774 (H) days, respectively. The interbreeding difference on 53–84 days in favor of the UBW animals was not reliable.

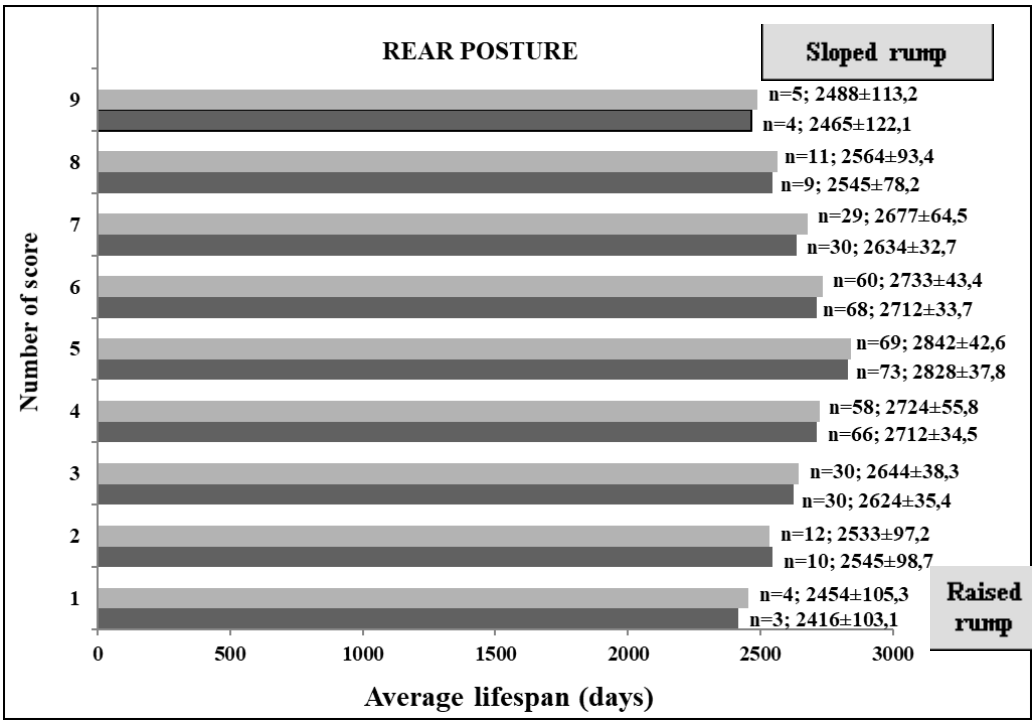


Fig. 4. **Correlative variability of the score assessment for descriptive type trait "rear posture" and lifespan of cows in controlled breeds.**

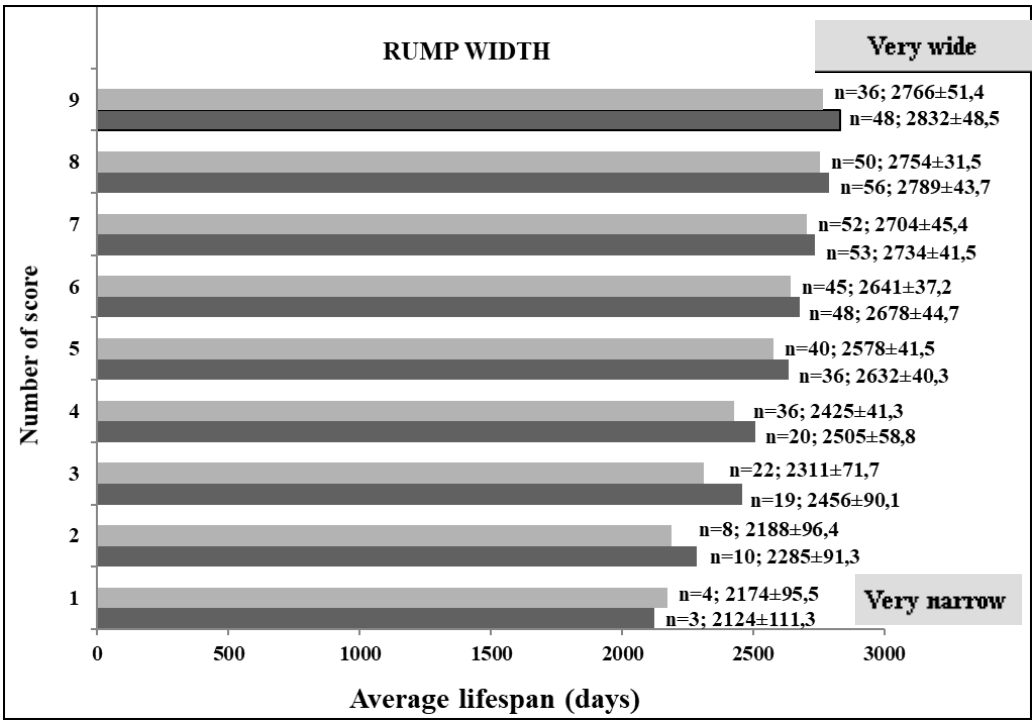


Fig. 5. **Correlative variability of the score assessment for descriptive type trait "rump width" and lifespan of cows in controlled breeds.**

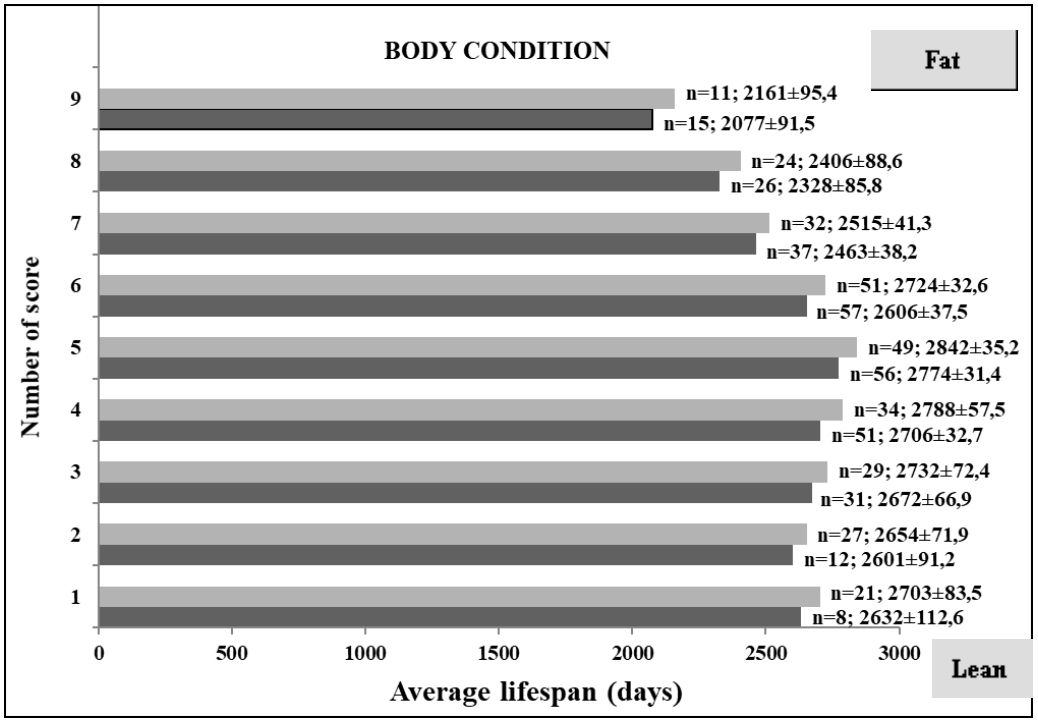


Fig. 6. **Correlative variability of the score assessment for descriptive type trait "body condition" and lifespan of cows in controlled breeds.**

UBWD cows with an assessment of the body condition in 5 score were used in the herd for 118 days longer compared to animals assessed at 6 score ($P<0.05$), while the lifetime of cows with 5 score compared to groups of animals, estimated at 7-9 score, was significantly higher by 327–681 days ($P<0.001$). Lifetime of Holstein cows in the control herd with an assessment of 5 score was significantly higher compared to groups of animals estimated by higher scores, from 168 days (6 score) to 697 days (9 score) ($P<0.001$). Sufficient lifespan of cows with estimates from 4 to 1 score with variability of 2788–2703 (UBWD) and 2706–2632 (H) days was within the limits of an unreliable difference of 85 and 74 days, respectively.

Summarizing the research results, it can be noted that each of the estimated descriptive traits in cows of both breeds had an impact on lifetime with different variability within each specific body part.

Conclusions. 1. The correlative variability of the score assessment of the descriptive traits of the type and lifetime in a comparative analysis of Ukrainian Black-and-White dairy and Holstein cows was established.

2. The degree of correlative variability between the level of assessment of these traits and the lifetime of animals depended on a specific linear trait.

3. Selection of breeding bulls with a high rating of their daughters by type will ensure an increase in the lifetime of the cows in the herd.

REFERENCES

1. Alphonsus, C., Akpa, G. N., Oni, O. O., Rekwot, P. I., Barje, P. P., and Yashim, S. M. (2010). Relationship of Linear Conformation Traits with Bodyweight, Body Condition Score and Milk yield in Friesian × Bunaji Cows. Journal of Applied Animal Research, 38 (1), pp. 97–100. DOI:10.1080/09712119.2010.9707164.

2. Bashchenko, M. I., Khmelnychyi, L. M. (2007). Ways to improve the udder morphological traits. Animal breeding and genetics, issue 1, pp. 12–16, (in Ukrainian).

3. Vinnychuk, D. T. (1970). Vyroshchuvannia i vidbir koriv dlia mashynnoho doinnia. [Breeding and selection of cows for machine milking]. K.: Harvest, 68 p.

4. Hladii, M. V., Polupan, Yu. P., Bazyshyna, I. V., Bezrutchenko, I. M., Polupan, N. L. (2015). The relationship between the duration and effectiveness of cow's lifetime use with some traits of the firstborn. Animal breeding and genetics, issue 50, pp. 28–39. (in Ukrainian).

5. Hnatiuk, S. I., Kovalenko, V. M. (2013). Influence of heredity on productive longevity indicators in animals different intrabreed types of Ukrainian Red dairy breed. Bulletin of SNAU. Animal husbandry, issue 7 (23), pp. 22–24. (in Ukrainian).

6. Iogansson, I., Gravert, O. (1970). Genetics and breeding of pets. K.: Kolos, (in Ukrainian).

7. Klopenko, N. I., Stavets'ka, R. V. (2015). Genetic determination of cow's economic use dairy direction of productivity by absorbing crossing. Technology of production and processing of animal husbandry products: a collection of scientific works of the Bila Tserkva National Agrarian University. Bila Tserkva, issue 1, pp. 23–28, (in Ukrainian).

8. Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., Salohub, A. M. (2014). Correlative variability of the conformation body parts cows with milk productivity. A collection of scientific papers of the Bila Tserkva National Agrarian University, issue 3(72), pp. 9–11, (in Ukrainian).

9. Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., Khmelnychyi, S. L. (2019). The influence of linear conformation traits that characterize the body condition on the viability cows of Ukrainian Brown dairy breed. Animal breeding and genetics, issue 58, pp. 120–129. DOI:10.31073/abg.58.16 (in Ukrainian).

10. Ladyka, V. I., Khmelnychyi, S. L. (2017). Lifetime of cows Ukrainian Black-and-White dairy breed depending on the score level for linear type traits characterizing limbs condition. Animal Breeding and Genetics, issue 51, pp. 83–92, (in Ukrainian).

11. Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., Burkat, V. P., Ruban, S. Yu. (2010). ICAR Registration: Reference book. Sumy: Sumy National Agrarian University, (in Ukrainian).

12. Mel'nyk, Yu. F. (2000). Dependence of livestock productivity of Ukrainian Red-and-White dairy breeds from hereditary and paratypical factors. Abstract of Ph.D. dissertation. Institute of Animals Breeding and Genetics nd. a. M.V.Zubets. Chubynske. (in Ukrainian).

13. Blyznyuchenko, O.G. (2003). Biometrics: monograph. Poltava. Editorial and publishing department "Terra" of the Poltava State Agrarian Academy, 346 p, (in Ukrainian).

14. Polupan, Yu. P. (2015). Genetic determination of the duration and effectiveness of lifetime use of Black-and-White dairy cattle. Animal breeding and genetics. Interdepartmental thematic scientific collection, issue 49, pp. 120–133, (in Ukrainian).

15. Polupan, Yu. P. (2000). Efficiency of lifetime use of Red dairy cattle. Animal breeding and genetics, issue 33, pp. 97–105, (in Ukrainian).

16. Sirokurov, V.M. (1974). Morphological udder features and suitability for machine milking of cows specialized dairy herds. Breeding and breeding biology of farm animals. K.: Harvest, issue 5, pp. 15–17, (in Ukrainian).

17. Khmelnychyi, L. M. (20150. Estimation the conformation of animals in the breeding system of cattle. Ph.D. Thesis. Institute of Animals Breeding and Genetics nd. a. M. V. Zubets, Chubynske, (in Ukrainian)

18. Khmelnychyi, L. M., Bardash, D. O. (2019). Indicators longevity of cows Ukrainian Red-and-White dairy breed depending on the share of inheritance Holstein breed. Bulletin of the Sumy NAU. Animal husbandry, issue 4(39), pp. 13–19, (in Ukrainian).

19. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2016). Effectiveness of genealogical formations influencing on the indicators of longevity and lifetime productivity cows of Ukrainian Red-and-White dairy breed. Bulletin of the Sumy NAU. Animal husbandry, issue 1 (29), pp. 3–10, (in Ukrainian).

20. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2017). Lifetime of cows Ukrainian Red-and-White dairy breed depending on the assessment of linear traits. Animal breeding and genetics, issue 53, pp. 197–208, (in Ukrainian).

21. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2017). Lifetime of cows Ukrainian Black-and-White dairy breed depending on the assessment level of conformation linear traits. Agrarian science and food technologies. Vinnytsia, issue 2 (96), pp. 249–258, (in Ukrainian).

22. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2015). Lifetime of cows Ukrainian Black-and-White dairy breed depending on linear assessment level of udder morphological traits. Scientific and theoretical collection of the Zhytomyr National Agroecological University, no. 2 (52), vol. 3, pp. 57–62, (in Ukrainian).

23. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2016). Influence of sires on productive longevity of cows Ukrainian Red-and-White dairy breed. Scientific and technical bulletin of BAT of biosafety and environmental control of agricultural resources. Dnipropetrovsk, no. 1, pp. 267–273, (in Ukrainian).

24. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2016). Influence of qualitative development morphological udder traits cows of Ukrainian Red-and-White dairy breed on their longevity. Agrarian science and food technologies. Vinnytsia, issue 1(91), pp. 211–219, (in Ukrainian).

25. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2015). Correlated variability of measurements and indices of body structure with milk yield of cows Ukrainian Black-and-White dairy breed. Animal breeding and genetics, issue 50, pp. 96–102, (in Ukrainian).

26. Khmelnychyi, L. M., Loboda, V. P. (2014). Improvement of the herd on breeding of Ukrainian Red-and-White Dairy breed by indicators of lifetime productivity. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Animal husbandry, issue 2(24), pp. 91–97, (in Ukrainian).

27. Khmelnychyi, L. M., Ladyka, V. I., Polupan, Yu. P., Salohub, A. M. (2008). The method of linear classification cows of dairy and dairy-meat breeds by type, (in Ukrainian).

28. Khmelnychyi, S. L., Povod, M. H., Samokhina, Ye. A. (2020). Productive longevity of Ukrainian Black-and-White dairy cows depending on the Holstein sires inheritance. Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Animal husbandry, issue 2(41), pp. 81–85.

29. Battagin, M., Sartori, C., Biffani, S., Penasa, M. and Cassandro, M. 2013. Genetic parameters for body condition score, locomotion, angularity, and production traits in Italian Holstein cattle. Journal of Dairy Science, 96 (8), pp. 5344–5351.

30. Du Toit, J., Van Wyk, J. B., Maiwashe, A. (2012). Relationships between functional herd life and conformation traits in the South African Jersey breed. *South* African Journal of Animal Science (2013), 42 (1), pp. 47–54. DOI:10.4314/sajas.v42i1.6.

31. García-Ruiz, A., Ruiz-López, F. J., Vázquez-Peláez, C. G., Valencia-Posadas, M. (2016). Impact of

conformation traits on genetic evaluation of length of productive life of Holstein cattle. International Journal of Livestock Production, 7 (11). Available at:https://academicjournals.org/ journal/IJLP/article-full-text-pdf/338FE3860409.

32. Imbayarwo-Chikosi, V. E., Dzama, K., Halimani, T. E., van Wyk, J. B., Maiwashe, A., Banga, C. B. Genetic prediction models and heritability estimates for functional longevity in dairy cattle. South African Journal of Animal Science, 2015, 45 (2), pp. 106–121.

33. Jovanovac, S., Raguž, N. (2011). Analysis of the relationships between type traits and longevity in Croatian Simmental cattle using survival analysis. Agriculturae Conspectus Scientificus, 76 (3), pp. 249–253.

34. Kadarmideen, H. N., Wegmann, S. Genetic parameters for body condition score and its relationship with type and production traits in Swiss Holsteins. J. Dairy Sci., 2003, 86 (11), pp. 3685–3693.

35. Kern, E. L., Cobuci, J. A., Costa, C. N., McManus, C. M., Campos, G. S., Almeida, T. P., Campos, R. V. (2014). Genetic association between herd survival and linear type traits in Holstein cows under tropical conditions. Italian J. Animal Science, 13, 3419 p. DOI:10.4081/ijas.2014.3419.

36. Kern, E. L., Cobuci, J. A., Costa, C. N., McManus, C. M., Braccini, N. J. Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. Scientia Agricola, 2015, 72 (3), pp. 203–209.

37. Miglior, F., Muir, B. L., Van Doormaal, B. J. Selection indices in Holstein cattle of various countries. J. Dairy Sci., 2005, 88, pp.1255–1263.

38. Vukasinovic, N., Schleppi, Y., Kunzi, N. Using conformation traits to improve reliability of genetic evaluation for herd life based on Survival Analysis. Journal of Dairy Science, 2002, 85, pp. 1556–1562. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(02)74225-2.

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

40. Zavadilová, L., Štípková, M. (2012). Genetic correlations between longevity and conformation traits in the Czech Holstein population. Czech J. Anim. Sci., 57 (3), pp. 125–136.

41. Zavadilová, L., Němcová, E., Štípková M., Bouška, J. Relationships between longevity and conformation traits in Czech Fleckvieh cows. Czech J. Anim. Sci., 2009, 54 (9), pp. 387–394.

Лінійні ознаки типу, які характеризують розвиток тулуба - предиктори довголіття корів української чорно-рябої молочної та голштинської порід

Хмельничий Л.М., Самохіна Є.А., Хмельничий С.Л., Карпенко Б.М.

Дослідження проведені в аспекті вивчення проблеми щодо тривалості життя корів молочної худоби, залежно від оцінки лінійних ознак екстер'єрного типу. Оцінено за методикою лінійної класифікації корів-первісток українських чорно-рябої молочної (УЧМП) та голштинської (Г) порід. Досліджували описові ознаки екстер'єру, які характеризують загальну будову тіла: ширину грудей, глибину тулуба, кутастість, вгодованість, положення і ширину заду. Встановлено співвідносну мінливість бальної оцінки описових ознак типу з тривалістю життя корів. Співвідносна мінливість ширини грудей і тривалості життя корів має криволінійний характер. Корови з оцінкою за ширину грудей у 4–7 балів вирізнялися вищою тривалістю життя з мінливістю 2704-2844 (УЧРМ) та 2688-2789 (Г) днів. Найвищі терміни тривалості життя були притаманні тваринам з оцінкою за розвиток глибини тулуба у 6–9 балів за недостовірного переважання корів української чорно-рябої молочної породи з найвищими показниками обох порід 2824 (УЧРМ) і 2802 (Г) днів та оцінкою дев'ять балів. Тварини з оптимальною оцінкою кутастості у п'ять балів жили найдовше – 2842 (УЧРМ) та 2828 (Г) днів, тимчасом із підвищенням та зниженням оцінки кількість днів життя корів скорочувалася. За оцінкою ширини заду тривалість життя була найвищою у корів з оцінкою дев'ять балів – 2766 днів УЧРМ та 2832 дні Г. Корови УЧРМ з найвищою оцінкою за розвиток цієї статі у 9 балів використовувалися на 592 (P<0,001), а голштинської – на 708 (P<0,001) днів довше порівняно з тваринами з оцінкою в один бал. Найвища тривалість життя тварин з середньою оцінкою за вгодованість у п'ять балів становить 2842 (УЧРМ) та 2774 (Г) днів. Корови з оцінкою за вгодованість, нижчою за середню, живуть і використовуються у стаді значно довше, ніж з вищою. Ступінь мінливості зв'язку між оцінкою цих ознак та тривалістю життя тварин залежала від конкретної статі будови тіла.

Ключові слова: українська чорно-ряба молочна порода, голштинська, лінійні ознаки типу, тривалість життя.

Copyright: Khmelnychyi L. 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:
Khmelnychyi L. https://orcid.org/0000-0001-5175-1291
Samokhina E. https://orcid.org/0000-0002-0983-3047
Khmelnychyi S. https://orcid.org/0000-0003-2352-3317
Karpenko B. https://orcid.org/0000-0002-9942-5863

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.082.064

Тривалість та ефективність довічного використання корів різних генотипів за бета-казеїном

Ладика В.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., Скляренко Ю.І., Павленко Ю.М. Тривалість та ефективність довічного використання корів різних генотипів за бета-казеїном. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 29–36.

Ladyka V., Sklyarenko Y., Pavlenko Y. Duration and efficiency of lifetime use of cows of different genotypes according to beta-casein. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 29–36.

Рукопис отримано: 27.03.2023 р.
Прийнято: 10.04.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-29-36

В статті вивчено особливості тривалості та ефективності використання корів, залежно від генотипу за геном бета-казеїном. Проведено генотипування 136 корів сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи та української бурої молочної породи, які утримуються в племінних заводах Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН» Сумського району Сумської області. З метою визначення поліморфізму гену бета-казеїну проводили генетичні дослідження в лабораторії Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразноланцюгової реакції (ПЛР) в реальному часі. Тривалість та ефективність використання корів визначали за допомогою загальноприйнятої методики, використовуючи електронну базу даних СУМС «Орсек» племінних заводів.

Встановлена міжпородна диференціація за часткою вибулих тварин. Серед генотипованих корів української чорно-рябої молочної породи вибуло 37 %, а української бурої молочної породи – 46 %. Більшість тварин української чорно-рябої молочної породи, що вибули, були тварини з генотипом A2A2 (47 %), а української бурої молочної породи – A1A1 (67 %). Корови української чорно-рябої молочної породи з генотипом A1A2 мали більш тривалий середній період життя, господарського використання та лактування, у порівнянні з тваринами інших генотипів. За довічною продуктивністю переважали корови з генотипом A2A2. Середнє значення надою за один день життя, господарського використання та лактування вищими були у тварин з генотипом A1A1. При цьому різниця була статистично незначущою.

Навпаки, корови української бурої молочної породи з генотипом A2A2 мали більш тривалий середній період життя, господарського використання та лактування. Вони переважали за показниками довічної продуктивності, надою на день життя, день господарського використання та лактування тварин з іншими генотипами при статистично незначущій різниці.

Відповідно, формування стада тварин з генотипом A2A2 за бета-казеїном дозволить зберегти показники тривалості та ефективності довічного використання корів українських чорно-рябої та бурої молочних порід. Отримані результати є попередніми, що пов'язано з незначною кількістю піддослідного поголів'я. Тому вважаємо, що дослідження необхідно продовжити.

Ключові слова: генотип, бета-казеїн, тривалість життя, довічна продуктивність, коефіцієнт господарського використання.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Важливою складовою генетичного поліпшення молочної худоби є як подовження тривалості господарського використання корів, так і підвищення їхньої довічної продуктивності [13, 14, 15]. Істотний вплив на них мають стан здоров'я тварин, умови утримання, показники росту та розвитку, особливості екстер'єру [16, 17, 18, 20]. Також на ці показники мають істотний вплив генотипові фактори [19]. Науковцями встановлено, що формування показників ефективності довічного використання залежить від походження за батьком, лінії та варіантів підбору [1]. Доведено, що тварини, які походили від плідників із різних країн селекції, мають істотну різницю за названими ознаками [2]. За результатами наукових досліджень встановлено наявність відмінностей за показниками тривалості та ефективності довічного використання корів, отриманих від неспорідненого та різних ступенів спорідненого спаровування [6]. Тобто, значна кількість проведених досліджень підтверджує вплив генотипу тварини на ефективність довічного використання тварин та їх довічну продуктивність.

Останнім часом під час добору плідників до маточного поголів'я молочних стад почали приділяти увагу генотипу тварин за генами білків молока [11]. Протягом останніх десятиріч у Польській популяції голштинської худоби зросли частки алелів А капа-казеїну та А2 бета-казеїну [7]. Це пов'язано з тим, що селекціонери планують завдяки добору отримувати тварин з бажаними генотипами за названими ознаками [5, 8]. Особливу увагу науковці приділяють генотипу корів за бета-казеїном, що пов'язано з впливом останнього на здоров'я людини [10, 12]. Тому виникає питання, який рівень господарсько-корисних ознак характерний для тварин з цими генотипами. Проведені нещодавно дослідження свідчать про те, що достовірної різниці між тваринами різних генотипів за капа- та бета-казеїном за такими ознаками як жива маса, показники відтворної здатності та рівня молочної продуктивності не встановлено. Тому дослідники роблять висновок, що формування стад з бажаним генотипом не знизить загальні показники продуктивних ознак тварин [3, 4].

Проте в літературних джерелах відсутня інформація про ефективність довічного використання та довічної продуктивності корів з різним генотипом за бета-казеїном. Саме це обумовлює проведення наших досліджень.

Мета дослідження – порівняти ефективність довічного використання корів вітчизняних молочних порід з різним генотипом за бета-казеїном.

Матеріал і методи досліджень. У 2019-2020 роках проведено генотипування 42 корів української бурої молочної породи та 94 корів української чорно-рябої молочної породи, що належать Племінному заводу Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН». Генотипували корів-первісток української чорно-рябої молочної породи та корів української бурої молочної породи у віці 1–4 лактацій. Визначення поліморфізму гену бета-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі [8].

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

Для оцінювання тривалості та ефективності господарського використання корів різних генотипів за бета-казеїном, які вибули в період з 2021 по 2023 рік, використовували електронну базу даних СУМС «Орсек». Оцінювали тривалість життя господарського використання лактаційного періоду; кількість лактацій, довічну продуктивність, надій на 1 день життя господарського використання та лактування. Коефіцієнт господарського використання розраховували за загальноприйнятою методикою [9].

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

Результати досліджень та їх обговорення. У результаті проведення досліджень встановлено, що 37 % генотипованих корів української чорно-рябої молочної породи на початок 2023 року вибули. Частка тварин української бурої молочної породи, які вибули на початок 2023 року, становила 46 %. За віком вибуття розподіл тварин наведено на рисунку 1.

У розрізі генотипів за бета-казеїном корови української чорно-рябої молочної породи, що вибули, відповідно, склали: А2А2 – 47 %, А1А2 – 34 %, А1А1 – 29 % (рис. 2).

У тварин української бурої молочної породи, навпаки, більша частка вибулих тварин мали генотип А1А1, а найменша – А2А2.

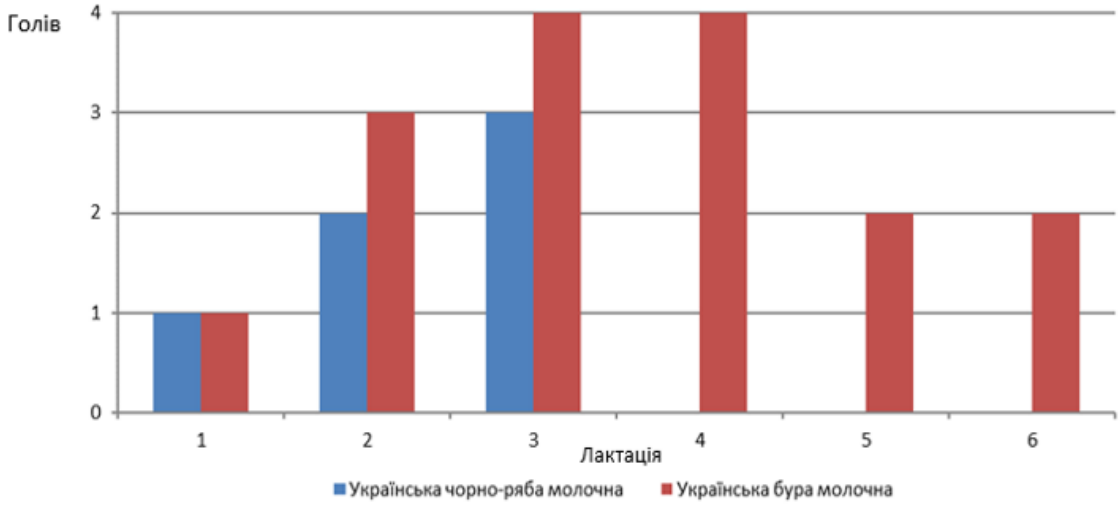


Рис. 1. **Вік вибуття корів, лактацій.**

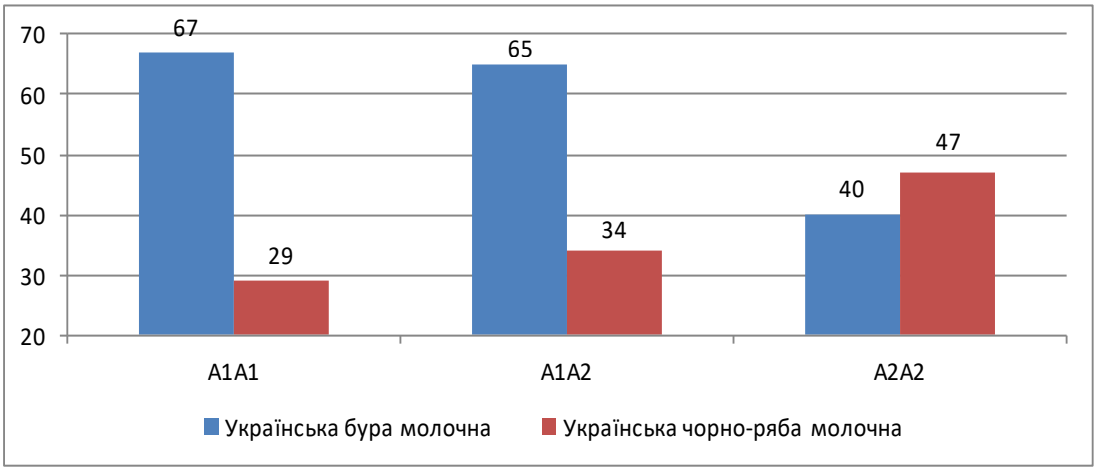
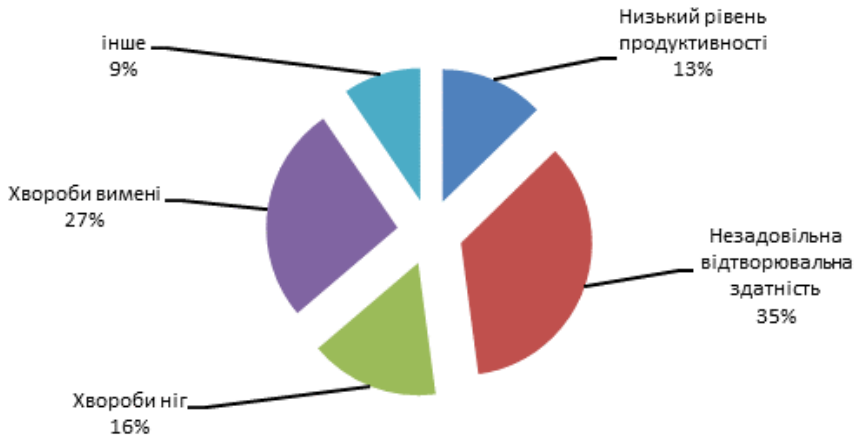


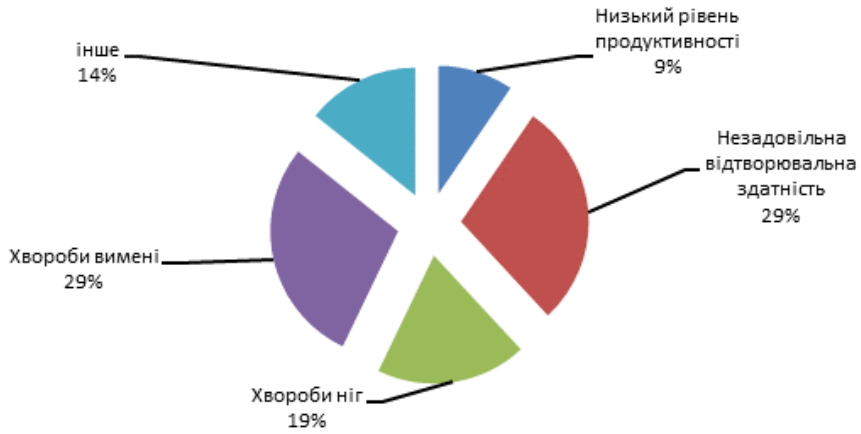
Рис. 2. **Відсоток вибулих тварин в розрізі генотипів за бета-казеїном.**

Причинами вибуття корів із стада були низький рівень продуктивності, незадовільна відтворювальна здатність, хвороби ніг та вимені. Серед тварин української чорно-рябої молочної породи основними причинами вибуття були незадовільна відтворна здатність та хвороби вимені, які, відповідно, складали 35 % та 27 %. У тварин української бурої молочної породи ті ж причини були основними, але їх відсоток був рівним – по 29 %. Хвороби ніг у тварин обох досліджуваних порід складали біля 15 % (рис. 3).

При формуванні молочних стад корів з генотипом A2A2 виникає питання, чи має він вплив на господарсько-корисні ознаки та ефективність довічного використання корів. За попередніми результатами наших досліджень було встановлено, що генотип за бета-казеїном не мав статистично значущого впливу на живу масу телиць у різні вікові періоди. У тварин української чорно-рябої молочної породи різниця між тваринами різних генотипів становила 1–2 %, а української бурої молочної породи – 1–5 %. За показниками як відтворювальної здатності, так і рівня молочної продуктивності між тваринами різних генотипів статистично значуща різниця також відсутня. Проте ці результати враховують лише показники за першу лактацію [3, 4]. Тому стверджувати, що генотип за бета-казеїном не має впливу на показники довічного продуктивності та ефективність довічного використання є некоректним.



Українська чорно-ряба молочна порода



Українська бура молочна порода

Рис. 3. **Структура причин вибуття корів з стада, %.**

Істотної різниці за тривалістю життя, періодами господарського використання та лактування між тваринами різних генотипів не встановлено. Незначна перевага за цими показниками характерна для тварин української чорно-рябої молочної породи з генотипом A1A2. Вони переважали тварин з гомозиготними генотипами (A1A1 та A2A2) в межах 0,15–3,9 %, а за середньою кількістю лактацій, відповідно, на 25 % та 12,5 %. Проте ця різниця з тваринами інших генотипів була статистично незначущою та незначною. При цьому більші показники довічної продуктивності були притаманні для тварин з бажаним гомозиготним генотипом A2A2. Вони переважали тварин з іншими генотипами не більше, ніж на 1 %. Зазначимо, що як за цією ознакою, так і за надоєм на один день життя, господарського використання та лактування, різниця була статистично незначущою (табл. 1).

Коефіцієнт господарського використання у тварин всіх досліджуваних генотипів був невисоким, при цьому статистично значущої різниці між ними не встановлено.

Дещо інші тенденції спостерігалися в стаді української бурої молочної породи. Корови з бажаним генотипом A2A2 мали більш тривалий період життя (відповідно, на 18 та 20 %), господарського використання (відповідно, на 28 та 27 %) та лактування (відповідно, на 39 та 28 %), хоча різниця з тваринами інших генотипів була статистично незначуща. За відсутній статистично значущій різниці тварини з бажаним генотипом (A2A2) переважали корів з іншими генотипами (A1A1 та A1A2) як за довічним надоєм (відповідно, на 45 та 35 %), так і за надоєм на один день життя (відповідно, на 15 та 10 %), господарського використання (відповідно, на 12 та 4 %) та лактування (відповідно, на 1 %) (табл. 2).

Таблиця 1 – **Ефективність довічного використання корів української чорно-рябої молочної породи різних генотипів за бета-казеїном.**

Показники	A1A1	A1A2	A2A2
Враховано голів	6	14	15
Тривалість життя, днів	1318±74,1	1320±66,5	1307±71,8
Господарського використання	566±66,0	588±63,3	570±76,4
Лактаційного періоду	522±52,3	525±52,6	521±72,3
Кількість лактацій	1,2±0,17	1,6±0,23	1,4±0,13
Коефіцієнт господарського використання	42,3±2,95	42,9±2,65	41,2±3,25
Довічна продуктивність: надій, кг	10044±1112,5	10162±1136,0	10182±1557,5
Надій за 1 день, кг: життя	7,5±0,49	7,4±0,50	7,3±0,68
господарського використання	17,9±0,55	17,3±0,54	17,5±0,43
один день лактування	19,2±0,59	19,1±0,39	19,2±0,42

Таблиця 2 – **Ефективність довічного використання корів української бурої молочної породи різних генотипів за бета-казеїном.**

Показники	A1A1	A1A2	A2A2
Враховано голів	2	11	6
Тривалість, днів життя	2569±481,5	2518±350,1	3033±455,6
господарського використання	1637±370,5	1653±330,1	2102±401,8
Лактаційного періоду	1314±304,0	1424±279,9	1820±333,3
Кількість лактацій	4,0±1,00	4,1±0,74	5,0±1,03
Коефіцієнт господарського використання	63±2,6	61±3,7	65±6,5
Довічна продуктивність: надій, кг	23568±3105,0	25426±4214,6	34258±6449,1
Надій за 1 день, кг: життя	9,3±1,44	9,7±0,64	10,7±1,28
господарського використання	14,7±1,44	15,9±0,57	16,5±0,83
один день лактування	18,4±1,89	18,4±0,79	18,6±0,99

Отже, отримані результати можуть свідчити про те, що, створюючи молочні стада тварин з генотипом A2A2 за бета-казеїном, ми не погіршимо показники, які характеризують тривалість та ефективність довічного використання. Тому можна рекомендувати тваринникам, що займаються розведенням молочної худоби, проводити селекційні заходи зі створення стад з бажаним генотипом.

Висновки. Отримані попередні результати щодо встановлення статистично значущої різниці між тваринами різних генотипів за бета-казеїном за показниками ефективності довічного використання та довічної продуктивності свідчать про її відсутність. Проте, вважаємо, що у зв'язку з малою чисельність дослідного поголів'я, дослідження необхідно продовжити.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабік Н. П. Вплив генотипових чинників на тривалість і ефективність довічного використання корів голштинської породи. Розведення і генетика тварин. 2017. Вип. 53. С. 61–69.

2. Бабік Н. П., Федорович Є. І., Федорович В. В. Тривалість та ефективність довічного використання корів молочних порід залежно від країни походження їх батька. Розведення і генетика тварин. 2017. Вип. 54. С. 19–29.

3. Ладика В. І., Павленко Ю. М., Скляренко Ю. І. Особливості формування господарсько-корисних ознак у корів сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи різних генотипів за бета-казеїном. Вісник Сумського національного аграрного університету Серія «Тваринництво». Суми, 2022. Вип. 2 (49). С. 20–22. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2022.2.4.

4. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., Павленко Ю. М. Формування господарсько-корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних генотипів за бета-казеїном. Тваринництво Степу України. Том 1. № 1. 2022. С. 22–28. DOI:10.31867/2786-6750.1.1.2022. 22-28.

5. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., Павленко Ю. М. Характеристика генетичної структури за геном β-казеїну плідників, допущених до використання в Україні у 2020 році. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2020. № 1. С. 39–45. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-39-45.

6. Babik N. P., Fedorovych Ye .I. Influence of outbreeding and inbreeding on the productive longevity of dairy cows. Scientific Messenger LNUVMB. 2017. 19(79). P. 3–8.

7. Kamiński S., Zabolewicz T., Oleński K., Babuchowski A. Long-term changes in the frequency of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin alleles in Polish Holstein-Friesian dairy cattle. Journal of Animal and Feed Sciences. 2023. P. 1–6. DOI:10.22358/jafs/157531/2023.

8. Ladyka V., Pavlenko Y., Sklyarenko Y. Uso del polimorfismo del gen de la β-caseína en términos de preservación del ganado lechero marrón. Archivos de zootecnia. 2021. Vol. 70 (269). P. 88–94. DOI:10.21071/az.v70i269.5422.

9. Полупан Ю. П. Методика оцінки селекційної ефективності довічного використання корів молочних порід. Методологія наукових досліджень з питань селекції, генетики та біотехнології у тваринництві: матер. науково-теоретичної конф. (Чубинське, 25.02.2010 року). Київ, С. 93–95.

10. Molecular characterization and A1/A2 genotyping of casein beta gene in zebu and crossbred cattle of Bangladesh/ M.H. Pabitra et al. Czech J. Anim. Sci. 2022. 67(8). P. 318–326. DOI:10.17221/206/2021-CJAS.

11. The genotypic profile of milk proteins in Holstein cows raised in South of Brazil/ F. Pilonetto et al. Research, Society and Development. 2022. Vol. 11. no. 9. DOI:10.33448/rsd-v11i9.31530.

12. Ramakrishnan M., Zhou X., Dydak U., Savaiano D. A. Gastric Emptying of New-World Milk Containing A1 and A2 B-Casein Is More Rapid as Compared to Milk Containing Only A2 B-Casein in Lactose Maldigesters: A Randomized, Cross-Over Trial Using Magnetic Resonance Imaging. Nutrients. 2023. 15(4). 801 p. DOI:10.3390/nu15040801.

13. Relationship between reproduction traits and functional longevity in canadian dairy cattle/ A. Sewalem et al. J Dairy Sci. 2008. 91(4). P. 1660–1668. DOI:10.3168/jds.2007-0178.

14. Strapáková E., Strapák P., Candrák J. Genetic trend of length of productive life in Holstein and slovak simmental cattle in Slovakia. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun. 2019. Vol. 67. P. 1227–1234. DOI:10.11118/actaun201967051227.

15. Terawaki Y., Ducrocq V. Nongenetic effects and genetic parameters for length of productive life of Holstein cows in Hokkaido, Japan. J. Dairy Sci. 2009. Vol. 92 (5). P. 2144–2150.

16. Thomas Z., Erica De M., Matthias G. Effects of cattle breed and production system on veterinary diagnoses and administrated veterinary medicine in alpine dairy farms. Italian Journal of Animal Science. 2021. № 20 (1). P. 1126–1134.

17. Vacek M., Štípková M., Němcová E., Bouška J. Relationships between conformation traits and longevity of Holstein cows in the Czech Republic. Czech J. Anim. Sci. 2006. Vol. 51 (8). P. 327–333.

18. Vukasinovic N., Schleppi Y., Kunzi N. Using Conformation Traits to Improve Reliability of Genetic Evaluation for Herd Life Based on Survival Analysis. Journal of Dairy Science. 2002. Vol. 85. P. 1556–1562. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(02)74225-2.

19. Yazdi M. H., Thompson R., Ducrocq V., Visscher P. A comparison of two survival analysis methods with the number of lactations as a discrete time variate. School Biol. Sci. 1999. P. 48–52.

20. Zavadilová L., Němcová E., Štípková M., Bouška J. Relationships between longevity and conformation traits in Czech Fleckvieh cows. Czech J. Anim. Sci. 2009. Vol. 54(9). P. 387–394.

REFERENCES

1. Babik, N. P. (2017). Vplyv henotypovykh chynnykiv na tryvalist i efektyvnist dovichnoho vykorystannia koriv holshtynskoi porody [The influence of genotypic factors on the duration and efficiency of lifelong use of Holstein cows]. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal breeding and genetics]. Issue. 53, pp. 61–69. (In Ukrainian).

2. Babik, N. P., Fedorovych, Ye. I., Fedorovych, V. V. (2017). Tryvalist ta efektyvnist dovichnoho vykorystannia koriv molochnykh porid zalezhno vid krainy pokhodzhennia yikh batka [Duration and efficiency of lifetime use of dairy cows depending on the country of origin of their sire]. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Animal breeding and genetics]. no. 54, pp. 19–29. (In Ukrainian).

3. Ladyka, V. I., Pavlenko, Yu. M., Skliarenko, Yu. I. (2022). Osoblyvosti formuvannia hospodarsko-korysnykh oznak u koriv sumskoho

vnutrishnoporodnoho typu ukrainskoi chornoriaboi molochnoi porody riznykh henotypiv za beta-kazeinom [Peculiarities of the formation of economic and beneficial traits in cows of the Sumy inbred type of the Ukrainian black-spotted dairy breed of different genotypes according to beta-casein]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu Seriia "Tvarynnytstvo" [Bulletin of the Sumy National Agrarian University Series "Livestock"]. Sumy, Issue 2 (49), pp. 20–22. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2022.2.4 (In Ukrainian).

4. Ladyka, V. I., Skliarenko, Yu. I., Pavlenko, Yu. M. (2022). Formuvannia hospodarsko-korysnykh oznak u koriv ukrainskoi buroi molochnoi porody riznykh henotypiv za beta-kazeinom [Formation of economic and beneficial traits in Ukrainian brown dairy cows of different genotypes according to beta-casein.]. Tvarynnytstvo Stepu Ukrainy [Animal husbandry of the Steppe of Ukraine]. Vol. 1, no. 1, pp. 22–28. DOI:10.31867/2786-6750.1.1.2022. 22-28 (In Ukrainian).

5. Ladyka, V. I., Skliarenko, Yu. I., Pavlenko, Yu. M. (2020). Kharakterystyka henetychnoi struktury za henom β-kazeinu plidnykiv, dopushchenykh do vykorystannia v Ukraini u 2020 rotsi [Characterization of the genetic structure of the β-casein gene of breeders approved for use in Ukraine in 2020]. Zbirnyk naukovykh prats «Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva» [Collection of scientific works "Technology of production and processing of animal husbandry products"]. no. 1, pp. 39–45. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-39-45 (In Ukrainian).

6. Babik, N. P., Fedorovych, Ye. I. (2017). Influence of outbreeding and inbreeding on the productive longevity of dairy cows. Scientific Messenger LNUVMB, no. 19 (79), pp. 3–8.

7. Kamiński, S., Zabolewicz, T., Oleński, K., Babuchowski, A. (2023). Long-term changes in the frequency of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin alleles in Polish Holstein-Friesian dairy cattle. Journal of Animal and Feed Sciences, pp. 1–6. DOI:10.22358/jafs/ 157531/2023.

8. Ladyka, V., Pavlenko, Y., Sklyarenko, Y. (2021). Uso del polimorfismo del gen de la β-caseína en términos de preservación del ganado lechero marrón. Archivos de zootecnia. no. 70 (269), pp. 88–94. DOI:10.21071/az.v70i269.5422.

9. Polupan, Ju. P. (2010). Metodyka ocinky selekcijnoi' efektyvnosti dovichnogo vykorystannja koriv molochnyh pored [Methodology for evaluating the selection efficiency of lifelong use of dairy cows]. Metodologija naukovyh doslidzhen' z pytan' selekcii', genetyky ta biotehnologii' u tvarynnyctvi: mater. naukovo-teoretychnoi' konf. (Chubyns'ke, 25.02.2010 roku) [Methodology of scientific research on selection, genetics and biotechnology in animal husbandry: Mater. scientific and theoretical conference (Chubynske, February 25, 2010)]. Kyiv, pp. 93–95. (In Ukrainian).

10. Pabitra, M. H., Maruf, T. M., Mony, S. I., Ebnat, R., Hoque, M. R., Bhuiyan, M.S.A. (2022). Molecular characterization and A1/A2 genotyping of casein beta gene in zebu and crossbred cattle of Bangladesh. Czech J. Anim. Sci., 67(8), pp. 318–326. DOI:10.17221/206/2021-CJAS.

11. Pilonetto, F., Coelho Ladeira, G., Salvian, M., Zampar, A. Cucco, D. de C. (2022). The genotypic profile of milk proteins in Holstein cows raised in South of Brazil. Research, Society and Development. Vol. 11, 9 p. DOI:10.33448/rsd-v11i9.31530.

12. Ramakrishnan, M., Zhou, X., Dydak, U., Savaiano, DA. (2023). Gastric Emptying of New-World Milk Containing A1 and A2 B-Casein Is More Rapid as Compared to Milk Containing Only A2 B-Casein in Lactose Maldigesters: A Randomized, Cross-Over Trial Using Magnetic Resonance Imaging. Nutrients. 15 (4), 801 p. DOI:10.3390/nu15040801.

13. Sewalem, A., Miglior, F., Kistemaker, G.J., Sullivan, P., Van Doormaal, B.J. (2008). Relationship between reproduction traits and functional longevity in canadian dairy cattle. J Dairy Sci., 91 (4), pp. 1660–1668. DOI:10.3168/jds.2007-0178.

14. Strapáková, E., Strapák, P., Candrák, J. (2019). Genetic trend of length of productive life in Holstein and slovak simmental cattle in Slovakia. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun. Vol. 67, pp. 1227–1234. DOI:10.11118/actaun201967051227.

15. Terawaki, Y., Ducrocq, V. (2009). Nongenetic effects and genetic parameters for length of productive life of Holstein cows in Hokkaido, Japan. J. Dairy Sci., Vol. 92 (5), pp. 2144–2150.

16. Thomas, Z., Erica, De M., Matthias, G. (2021). Effects of cattle breed and production system on veterinary diagnoses and administrated veterinary medicine in alpine dairy farms. Italian Journal of Animal Science, no. 20 (1), pp. 1126–1134.

17. Vacek, M., Štípková, M., Němcová, E., Bouška, J. (2006). Relationships between conformation traits and longevity of Holstein cows in the Czech Republic. Czech J. Anim. Sci., Vol. 51 (8), pp. 327–333.

18. Vukasinovic, N., Schleppi, Y., Kunzi, N. (2022). Using Conformation Traits to Improve Reliability of Genetic Evaluation for Herd Life Based on Survival Analysis. Journal of Dairy Science, Vol. 85, pp. 1556–1562. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(02)74225-2.

19. Yazdi, M. H., Thompson, R., Ducrocq, V., Visscher, P. (1999). A comparison of two survival analysis methods with the number of lactations as a discrete time variate. School Biol. Sci., pp. 48–52.

20. Zavadilová, L., Němcová, E., Štípková, M., Bouška, J. (2009). Relationships between longevity and conformation traits in Czech Fleckvieh cows. Czech J. Anim. Sci., Vol. 54 (9), pp. 387–394.

Duration and efficiency of lifetime use of cows of different genotypes according to beta-casein

Ladyka V., Sklyarenko Y., Pavlenko Y.

The article examines the peculiarities of the duration and efficiency of the use of cows depending on the genotype of the cows for the beta-casein gene. Genotyping of 136 cows of Sumy intrabreed type of Ukrainian black and white dairy breed and Ukrainian brown dairy breed, which are kept in the breeding

farms of the State Enterprise «Research Farm of the Institute of Agriculture of Northern East of NAAS» of Sumy district of Sumy region, was carried out. In order to determine the polymorphism of the beta-casein gene, genetic studies were carried out in the laboratory of the Institute of Physiology n.a. Bogomolets of NAS with the help of molecular biological analysis of allele recognition by polymerase chain reaction (PCR) in real time. The duration and efficiency of the use of cows was determined with the help of generally accepted methods, using the electronic database of SUMS «Orsek» of breeding farms.

An interbreed differentiation according to the share of abandoned animals was established. Among the genotyped cows of Ukrainian black and white dairy breed - 37 % were eliminated, and 46 % - of Ukrainian brown dairy breed. Most of the animals that were eliminated among Ukrainian black and white dairy breed were animals with the A2A2 genotype (47 %), and Ukrainian brown dairy breed - A1A1 (67 %). Cows of Ukrainian black and white dairy breed with the A1A2 genotype had a longer average period of life, economic use and lactation compared to animals of other genotypes. In terms of lifetime productivity, cows with the A2A2 genotype prevailed. The average values of milk yield per day of life, economic use and lactation were higher in animals with the A1A1 genotype. At the same time, the difference was not statistically significant.

On the contrary, cows of Ukrainian brown dairy breed with the A2A2 genotype had a longer average period of life, economic use and lactation. They prevailed in indicators of lifetime productivity, milk yield per day of life, per day of economic use and lactation of animals with other genotypes, with a statistically insignificant difference.

Accordingly, the formation of a herd of animals with the A2A2 genotype for beta-casein will allow to preserve the indicators of the duration and efficiency of the lifelong use of Ukrainian black and white and brown dairy breed cows. The obtained results are preliminary, which is due to the small number of experimental livestock. Therefore, we believe that research should be continued.

Key words: genotype, beta-casein, life expectancy, lifetime productivity, coefficient of economic use.

Copyright: Ладика В.І., Скляренко Ю.І., Павленко Ю.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:
Ладика В.І. https://orcid.org/0000-0001-6748-7616
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 636.22/28.081.14

Особливості екстер'єрного типу корів чорно-рябої худоби різного походження, оцінених за методикою лінійної класифікації

Хмельничий Л.М., Карпенко Б.М.

Сумський національний аграрний університет

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

OPEN ACCESS

Хмельничий Л.М., Карпенко Б.М. Особливості екстер'єрного типу корів чорно-рябої худоби різного походження, оцінених за методикою лінійної класифікації. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 37–46.

Khmelnychyi L., Karpenko B. Features of conformation type of black-and-white cows of different origin estimated by linear classification method. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 37–46.

Рукопис отримано: 22.01.2023 р.
Прийнято: 06.02.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-37-46

Дослідження проведено в аспекті вивчення особливостей екстер'єрного типу корів української чорно-рябої молочної та голштинської порід, оцінених за методикою лінійної класифікації. Базою для досліджень слугувало стадо компанії «Укрлендфармінг» приватного підприємства «Буринське» Підліснівського відділення Сумського району. Мета – провести порівняльний аналіз піддослідних порід за оцінкою лінійної класифікації та визначити вплив фінальної оцінки за тип на молочну продуктивність корів-первісток. В цілому корови-первістки обох порід характеризувалися добрими показниками лінійної оцінки, особливо за 100-бальною системою. Проте тварини голштинської породи, у порівнянні з українською чорно-рябою молочною, виявилися кращими за статями, які характеризують молочний тип на 1,3 бала, тулуб – на 0,8 бала, вим'я – на 1,2 бала та за фінальною оцінкою – на 0,8 бала ($P<0,001$). За ознакою ширини грудей тварини голштинської породи поступалися ровесницям української чорно-рябої молочної з достовірною різницею на 1,3 бала, проте перевищували за кутастістю – на 1,2 бала, міцністю прикріплення передніх часток вимені – на 0,8 бала та центральною зв'язкою – на 1,1 бала ($P<0,001$). Рівень фінальної оцінки корів-первісток за екстер'єрний тип прямо пропорційно визначає величину їхньої молочної продуктивності за 305 днів першої лактації. Корови голштинської та української чорно-рябої молочної порід з оцінкою «дуже добре» перевищують ровесниць з оцінкою «добре з плюсом» за надоєм, відповідно, на 785 та 589 кг ($P<0,01$), а з оцінкою «добре» – на 1705 та 1502 кг ($P<0,001$). Застосування у селекційному процесі молочної худоби методики лінійної класифікації є досить ефективним засобом об'єктивного визначення породних особливостей корів за екстер'єрним типом. Наявність співвідносного зв'язку між фінальною оцінкою та рівнем молочної продуктивності буде сприяти ефективності селекції при опосередкованому доборі тварин за цими ознаками.

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

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Впровадження у 1925 році Асоціацією голштинської породи Канади програми лінійної класифікації корів за типом та аналогічної системи оцінювання США у 1929 році, стало надійною основою селекції молочної худоби за екстер'єром до теперішнього часу в усьому світі. Яскравим прикладом ефективного застосування методики лінійної класифікації стало створення голштинської породи саме такою, якою вона є нині, тобто завдяки цілеспрямованій селекції тварин одночасно за молочною продуктивністю та екстер'єрним типом [16]. Тривалі дослідження молочної худоби за методикою лінійної класифікації як у нашій країні, так і в країнах світу з розвинутим молочним скотарством довели ефективність цього важливого селекційного заходу. Числен-

ними дослідженнями доведено, що тварини з доброю та відмінною фінальною оцінкою за екстер'єр, яка сумарно відображає оцінки за розвиток лінійних знак, що у комплексі характеризують молочний тип, розвиток тулуба, стан кінцівок та якість вимені, вирізняються не лише високими показниками молочної продуктивності [5, 8, 13, 15], а й тривалості використання та продуктивного довголіття [7, 9, 12, 15, 16, 25].

Загалом методика лінійної класифікації забезпечує об'єктивне оцінювання типу тварин молочної худоби, гарантуючи процес ефективного добору та підбору в безперервній селекційно-племінній роботі в удосконаленні тварин молочної худоби за екстер'єром. Накопичена за результатами оцінки селекційна інформація дає змогу детально охарактеризувати породні особливості екстер'єру тварин підконтрольного стада та породи, яку розводять у ньому.

Виняткова ефективність методу лінійної класифікації відкрилася через його доступність, простоту, можливість оцінювання ознак, які складно виміряти, здатність створити наглядний екстер'єрний профіль бугаїв-плідників за результатами оцінювання їхніх дочок за типом та перейти від оцінки фенотипу до оцінки за генотипом [14]. Використання методу лінійної класифікації корів молочних порід за типом дає змогу віднести якісну експертну оцінку до розряду кількісних ознак, і на її основі проводити масову селекцію корів та оцінку племінної цінності бугаїв-плідників за екстер'єром дочок [7]. З огляду на зазначене, у новій редакції Закону України "Про племінну справу у тваринництві" лінійна класифікація корів молочних порід за типом зазначається як обов'язковий елемент у визначенні комплексної племінної цінності худоби [3].

Мета та актуальність досліджень найперше зумовлена обов'язковою умовою для племінного молочного скотарства і, відповідно, для створених українських молочних порід, яка полягає у досконалому вивченні тварин на всіх етапах їх поліпшення за селекційно-генетичними параметрами екстер'єрних ознак. На сучасному етапі селекції частина господарств України зі створеними новими генотипами на материнській основі української чорно-рябої молочної породи, які представлені помісними тваринами з високою (93,75 % і вище) умовною кровністю голштина, переходить у статус з розведення чистопородної голштинської породи, що зафіксовано державним племінним реєстром [2]. Оскільки поряд із голштинами вітчизняної селекції існує більшість господарств зі статусом з розведення української чорно-рябої молочної породи, актуальність дослідження полягає у визначенні мінливості ознак екстер'єру у їхньому міжпородному аналізі. Тобто, у цьому аспекті важливо визначити, як зміна напряму селекції при створенні голштинської породи вплине на стан екстер'єру, у порівнянні з вихідною породою, оскільки поглинальне схрещування неминуче буде продовжуватися й надалі через відсутність власної племінної бази бугаїв-плідників української чорно-рябої молочної породи.

Матеріал і методи досліджень. Базою для експериментальних досліджень слугувало стадо компанії "Укрлендфармінг" приватного підприємства "Буринське" Підліснівського відділення Сумського району з розведення української чорно-рябої молочної (УЧРМ) та голштинської порід. До групи корів української чорно-рябої молочної породи було віднесено піддослідне поголів'я помісних тварин, отриманих від бугаїв-плідників української селекції (розведення «у собі»), а до другої – поголів'я корів голштинської породи вітчизняної селекції з умовною кровністю голштина вище за 93,75 %, які, згідно з чинною інструкцією з бонітування великої рогатої худоби молочних і молочно-м'ясних порід, належать до чистопородних тварин за поліпшувальною породою [4]. Оцінку екстер'єрного типу корів-первісток проводили за методикою лінійної класифікації [11], згідно з останніми рекомендаціями ICAR [6] у віці 2–4 місяців після отелення за двома системами: 9-бальною, з лінійним описом 18 статей екстер'єру, і 100-бальною з урахуванням чотирьох комплексів селекційних ознак, які характеризують вираженість молочного типу, розвиток тулуба, стан кінцівок і морфологічні якості вимені. Кожен екстер'єрний комплекс оцінювали незалежно, маючи власний ваговий коефіцієнт у фінальній оцінці (ЗО) тварини: молочний тип (МТ) – 15 %, тулуб (Т) – 20 %; кінцівки (К) – 25 % та вим'я (В) – 40 %.

Фінальну оцінку корів за типом визначали за формулою:

$$ЗО = (МТ \cdot 0{,}15) + (Т \cdot 0{,}20) + (К \cdot 0{,}25) + (В \cdot 0{,}40)$$

Показники досліджень опрацьовували біометричними методами на ПК у середовищі Microsoft Office Excel, використовуючи програмне забезпечення за формулами, описаними О.Г. Близнюченком [1].

Результати дослідження та обговорення. У таблиці 1 наведено результати лінійної класифікації корів-первісток української чорно-рябої молочної та голштинської порід. Найперше, що варто відмітити, – незважаючи на міжпородну різницю, у тому числі за біль-

шістю ознак достовірну, тварини обох спеціалізованих молочних порід характеризуються достатньо добрими показниками оцінки, особливо за 100-бальною системою.

За лінійними ознаками, які характеризують молочний тип, враховується фізіологічна здатність тварини до вищої продуктивності. Тваринам молочного типу притаманні кутасті форми, без ознак слабкості та грубості. У корів з добре вираженим молочним типом спостерігається гармонійне поєднання та пропорційний розвиток окремих частин тіла. Рівень оцінки цього комплексу ознак, за максимальної 89 балів, у піддослідних порід достатньо високий з різницею на користь голштинів у 1,3 бала (P<0,001; td=9,01).

До групи лінійних статей, які свідчать про розвиток тулуба, належать: міцність, висота, глибина та довжина тулуба, грудей, довжина, ширина та положення заду та інші. Тварини з високою оцінкою за цією групою ознак мають вирізнятися достатньою висотою, довгим та глибоким тулубом, широкими, з оптимальним нахилом, крижами у їхньому гармонійному поєднанні. За цим комплексом оцінюваних ознак кращими з різницею у 0,8 бала (P<0,001; td=5,93) також виявилися корови голштинської породи.

Оцінка стану тазових і грудних кінцівок та ратиць розглядається у здатності тварини до вільного руху під навантаженням живої маси корів. Про важливість оцінювання кінцівок у системі лінійної класифікації свідчить третій рівень їхнього пріоритету у фінальній оцінці типу з ваговим коефіцієнтом 25 %. За цією групою ознак дещо кращими були тварини української чорно-рябої молочної породи, однак різниця у 0,4 бала не є достовірною.

Таблиця 1 – **Характеристика корів-первісток чорно-рябої худоби різного походження за ознаками лінійної класифікації екстер'єрного типу, балів**

Ознака екстер'єру		Порода			
		голштинська		українська чорно-ряба молочна	
		x ± S.E.	Cv, %	x ± S.E.	Cv, %
Кількість голів		293		278	
Комплекси ознак: молочного типу		84,5 ± 0,08	1,72	83,2±0,12	1,95
тулуба		84,6 ± 0,09	1,59	83,8±0,10	1,84
кінцівок		83,4 ± 0,14	1,81	83,8±0,16	2,21
вимені		84,4 ± 0,12	1,76	83,2±0,15	1,88
Загальна оцінка		84,2 ± 0,10	1,93	83,4±0,09	1,69
Описові ознаки: висота		7,0 ± 0,12	13,5	6,5±0,14	16,5
ширина грудей		5,4 ± 0,12	21,7	6,7±0,15	25,6
глибина тулуба		7,6 ± 0,10	19,3	7,2±0,11	22,6
кутастість		7,8 ± 0,13	17,6	6,6±0,15	20,7
нахил заду		5,2 ± 0,06	13,4	5,4±0,08	15,7
ширина заду		7,4 ± 0,09	18,1	6,6±0,11	21,4
кут тазових кінцівок		4,9 ± 0,12	21,2	5,2±0,13	24,1
постава тазових кінцівок		7,8 ± 0,11	19,3	7,5±0,12	23,0
кут ратиць		5,6 ± 0,13	19,5	5,8±0,15	24,5
прикріплення часток вимені:	передніх	7,6 ± 0,11	16,8	6,8±0,15	19,4
	задніх	7,0 ± 0,12	15,3	6,5±0,14	20,6
центральна зв'язка		7,7 ± 0,13	22,6	6,6±0,16	25,8
глибина вимені		6,8 ± 0,11	20,5	6,2±0,13	26,2
розташування дійок:	передніх	4,4 ± 0,13	21,4	4,2±0,10	25,8
	задніх	5,2 ± 0,09	15,4	5,5±0,11	23,6
довжина дійок		5,1 ± 0,06	10,7	5,3±0,08	12,3
переміщення (хода)		6,8 ± 0,08	22,4	6,2±0,10	25,5
вгодованість		6,2 ± 0,07	21,2	7,3±0,11	18,0

Найважливішим комплексом у 100-бальній системі лінійної класифікації, з найвищим ваговим коефіцієнтом у 40 %, є оцінка морфологічних ознак вимені.

За оцінкою молочної системи враховується будова та структура вимені з наданням переваги ознакам, від яких залежать висока молочна продуктивність, тривалість використання, пристосованість до машинного доїння, зменшення можливості травмування.

Бажане вим'я модельної тварини молочного типу має мати наступну узагальнену характеристику: симетрично розвинуті четверті, містке в об'ємі, ванноподібної форми дно рівне, горизонтальне, передня частина вимені міцно прикріплена до черевної стінки, достатньо довга, з рівномірно розвиненими частками, задня частина – високо і міцно прикріплена, виступає за лінію стегна, ледь округлена до дна, однакової ширини від верху до низу, з рівномірно розвиненими частками, центральна зв'язка міцна, утворює глибоку борозну між лівою та правою половинами, піднімаючись до верху, дійки однакового оптимального розміру за довжиною і діаметром, циліндричної або злегка конічної форми, спрямовані перпендикулярно донизу, при огляді ззаду розміщені у центрі кожної частки вимені, молочні вени добре виражені, довгі, звивисті із розгалуженнями, бажано, щоб вени покривали усе вим'я, структура вимені залозиста, на дотик м'яка, еластична, після видоювання вим'я спадає, створюючи ззаду дрібні складки шкіри (запас вимені).

За оцінкою молочної системи, достовірна різниця за розвиток ознак вимені у 1,2 бала (P<0,001; td=6,25) виявилась на користь корів-первісток голштинської породи.

Описова система оцінки кожної лінійної ознаки відокремлено від інших дозволяє бачити її стан і, якщо розвиток конкретної статі не відповідає бажаному, то у процесі підбору є можливість її виправити.

Перша ознака описової системи – висота тварини, яка оцінюється у крижах і характеризує її загальний розвиток та величину. Єдиний показник, який обов'язково оцінюється в абсолютній величині у сантиметрах. Береться мірною палицею або спеціальною стрічкою у найвищій точці крижової кістки з подальшим переведенням сантиметрів у бали. За цією ознакою міжпородна різниця у 0,5 бала достовірна (P<0,01; td=2,71) з кращим результатом у голштинських корів-первісток.

За ознакою міцності – ширини грудей, тварини голштинської породи поступаються ровесницям українській чорно-рябій молочній з достовірною різницею у 1,3 бала (P<0,001), засвідчуючи цим, що тварини спеціалізованої породи молочного типу більш вузькогруді та глибокогруді.

Наступна ознака, яка характеризує достатньою мірою розвиток тулуба та, відповідно, травний тракт, є його глибина. Молочна тварина повинна мати глибокий, добре розвинений, але не відвислий тулуб, про добрий розвиток якого у корів-первісток обох порід свідчить його оцінка з незначним перевищенням, у 0,4 бала при P<0,01 (td=2,69) у ровесниць голштинської породи.

Дуже важлива ознака, яка істотним чином характеризує молочний тип корови, це кутастість. Головна стать, за якою вона оцінюється, це кут і ступінь відкритості ребер. Проте враховується відстань між ребрами, які мають бути пласкими. Інші складові, які лежать в основі визначення ознаки – це худорлява і довга шия, гостра холка; грудна клітина, ребра, боки та сідничні кістки випирають, а м'язи стегна – худорляві та увігнуті. Ознаки молочності доповнюють чітко окреслені статі тварини, міцність, витонченість, ніжність та грація. Оцінка за цю ознаку 7,8 бала достатнім чином характеризує молочний тип голштинської худоби, високодостовірно перевищуючи оцінку української чорно-рябої молочної породи у 1,2 бала (P<0,001; td=6,05).

В описовій системі із 18 лінійних ознак є три, у яких бажаний розвиток має середню (оптимальну, бажану) величину і оцінюється у 5 балів. Одна із них – це нахил заду, який оцінюється збоку, з визначенням нахилу за умовно проведеною горизонтальною лінією на рівні дотику верхньої точки маклака і сідничного горба. Оптимальне значення – верхня точка маклаків вища від верхньої точки сідничних горбів на 3–4 см. Якщо крайні точки умовно проведеної лінії знаходяться на одному рівні, тобто нахил дорівнює нулю, то таке положення заду оцінюється трьома балами. Бажаний вираз цієї ознаки є оптимальним і оцінюється у 5 балів, а відхилення у бік оцінки положення заду – до 1 балу (піднятості) або до 9 балів (звислості) – є недоліками статі. Корови обох порід мають серед оцінених груп тварин з дещо спущеними крижами, яких трохи більше серед ровесниць української чорно-рябої молочної породи.

Ширина заду, яка оцінюється за відстанню між каудальними виступами сідничних горбів, має кращий розвиток у корів голштинської породи з перевищенням ровесниць УЧРМ у 0,8 бала (P<0,001; td=6,05).

Кут тазових кінцівок, за оцінкою оглядом збоку стану згину у скакальному суглобі, є наступною ознакою, бажаний вираз якого об-

межується оптимально величиною на рівні 146-148° [14]. Зменшення кута скакального суглоба (шаблистість) або збільшення (слоновість) є недоліками статі. Такі незначні недоліки, як слоновість спостерігаються в окремих тварин голштинської породи, знижуючи оцінку у 0,1 бала та шаблистість – у ровесниць УЧРМ, за збільшення оцінки у 0,2 бала.

Широка та паралельна постава задніх кінцівок оцінюється вищим балом, тоді як зближеність кінцівок у скакальних суглобах, викривленість ніг істотно знижують оцінку. Середні показники оцінок корів-первісток обох порід без достовірної міжпородної різниці свідчать про добру їх поставу.

Ратиці корів оцінюються за величиною кута, вершиною якого є місце з'єднання передньої стінки ратиці з площиною підлоги, а сторонами – висота ратичного рогу від підлоги до волосяного покриву та поверхня площини підлоги. Середній вираз постави кута ратиці дорівнює 45° з оцінкою 5 балів. Кут ратиць, який доповнює стан кінцівок, має трохи вищі оцінки за середні значення його розвитку з дещо кращими показниками на 0,2 бала у корів української чорно-рябої молочної породи.

Наступна група описових ознак, які характеризують якість вимені, пов'язана як з продуктивністю, так і з технологічністю. Перша ознака – прикріплення передніх часток, визначається за кутом у місці їхнього з'єднання з черевом, який залежить від міцності його прикріплення. Показник визначається візуально або вимірюванням за допомогою кутоміра (у градусах). Найвищу оцінку (9 балів) за розвиток цієї статі отримує тварина, у якої вим'я характеризується поступовим переходом залозистої тканини передньої частини у черево за допомогою з'єднувальних бокових зв'язок з утворенням тупого кута вищого за 161° [14]. Міцне прикріплення вимені зазвичай вирізняється відмінним розвитком передніх часток, ванноподібною формою і, за свідченням наукових досліджень, достовірно корелює з молочною продуктивністю [9, 10]. Функціональною особливістю міцного прикріплення передніх часток вимені є запобігання обвисанню його з віком. За оцінкою цієї лінійної ознаки, кращими виявилися корови голштинської породи з перевагою української чорно-рябої молочної у 0,8 бала (P<0,001; td=4,33).

Наступна лінійна ознака – висота заднього прикріплення вимені, аналогічно з попередньою також виконує утримувальну функцію, не даючи змоги вимені з віком звиснути. Бажаний розвиток цієї статі оцінюється найвищим балом, а за нашою оцінкою 7 балів у корів голштинської породи та 6,5 бала у ровесниць української чорно-рябої молочної є також достатньо добрими взагалі та кращими у тварин голштинської породи з достовірною різницею на 0,5 бала (P<0,01).

Центральна (підтримувальна, роздільна борозна) зв'язка є наступною лінійною ознакою вимені у корів молочної худоби, яка також пов'язана з утриманням його на відповідній висоті. Високо розташоване вим'я над підлогою полегшує оператору підготовку його до процесу доїння та запобігає під час лежання охолодженню і травмуванню. Високе розташування вимені, з глибокою, міцною, добре вираженою та високо піднятою центральною зв'язкою є бажаним розвитком ознаки з найвищою оцінкою у 9 балів. У корів голштинської породи вираження цієї ознаки оцінено у 7,7 бала, або вище у порівнянні з ровесницями української чорно-рябої молочної у 1,1 бала (P<0,001; td=5,34).

Розташування дна вимені відносно підлоги (глибина) є досить важливою функціональною технологічною лінійною ознакою молочної худоби. Згідно з методикою лінійної класифікації, глибина вимені оцінюється відстанню між умовною лінією, проведеною на рівні скакального суглоба, і дном вимені. Як уже було відзначено вище, глибоке, відвисле вим'я завдає багато незручностей під час машинного доїння, часто травмується і більш сприйнятливе до захворювання на мастит. Відстань дна вимені відносно підлоги значним чином залежить від попередніх трьох ознак, які відповідають за міцність його прикріплення. Оскільки у корів голштинської породи вони мають кращий розвиток, про що свідчать їхні оцінки, то й, відповідно, за глибиною вимені голштини також ліпші з перевагою ровесниць української чорно-рябої молочної породи у 0,6 бала (P<0,001; td=3,52).

За ознаками, які характеризують розташування та довжину дійок, міжпородна різниця незначна. У системі лінійної класифікації дуже близьке або дуже широке розташування передніх та задніх дійок не є кращим розвитком ознаки. Проте, якщо вибирати із крайніх варіантів, то кращий – це ширше розташування, ніж вузьке.

За ходою, яка залежить від оцінок за стан кінцівок, кращими були голштинські корови з перевищенням УЧРМ у 0,6 бала (P<0,001; td=4,69).

Краще були вгодовані на час лінійної класифікації, тобто в період піку лактаційної діяльності, корови української чорно-рябої молочної породи з достовірною різницею у 1,1 бала (P<0,001; td=8,44).

Ефективність оцінки корів молочних порід та їх добору за показниками описових ознак лінійної класифікації можна визначити певною мірою за рівнем мінливості у межах оціночної 9-ти бальної шкали цих ознак у стаді. У таблиці 2 наведено розташування усього оціненого поголів'я корів-первісток голштинської та української чорно-рябої молочної порід, залежно від оцінки наведених у відносних величинах.

Аналіз даних таблиці 2 свідчить про те, що максимальну частку тварин оцінено середніми балами від 4 до 7. У зоні крайніх екстремальних значень описових ознак перебуває незначна чисельність корів. Кількість корів голштинської породи з мінімальним значенням оцінки 1–3 бали варіює у межах від 0 до 14,5 %, та української чорно-рябої молочної – від 0 до 8,6 %.

Таблиця 2 – **Розподіл поголів'я корів за мінливістю оцінок описових ознак, %**

Описові ознаки		Частка тварин, оцінених балами:								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Голштинська порода										
Висота		0	0	0	4,1	21,8	43,6	24,4	4,2	1,9
Ширина грудей		0	2,2	3,7	7,6	14,2	31,8	30,1	7,8	2,6
Глибина тулуба		0	0	1,2	2,5	10,3	11,5	25,6	26,4	22,5
Кутастість		0	0	0	2,2	13,1	14,7	36,2	25,3	8,5
Нахил заду		0	0	3,5	7,1	76,5	11,7	1,2	0	0
Ширина заду		0,2	0,8	2,5	5,7	14,5	20,0	35,3	15,6	5,4
Кут тазових кінцівок		1,1	2,7	6,6	16,5	55,4	10,2	4,1	2,2	1,2
Постава тазових кінцівок		0,6	1,6	2,8	6,3	24,8	26,3	21,6	12,0	4,0
Кут ратиці		0,6	2,5	5,3	13,9	49,3	17,1	7,8	2,4	1,1
Прикріплення вимені	переднє	0	0	1,2	4,5	15,3	30,8	34,2	9,8	4,2
	заднє	0	0	1,5	8,3	25,2	24,1	29,1	8,3	3,5
Центральна зв'язка		0	0	2,6	6,8	15,1	20,5	25,1	21,2	8,7
Глибина вимені		0	1,1	1,8	4,6	17,3	36,8	18,7	14,2	5,5
Розміщення дійок	передніх	2,6	9,2	14,5	17,6	35,2	12,4	8,3	0,2	0
	задніх	0,3	8,4	8,7	18,5	26,6	19,7	11,2	4,1	2,5
Довжина дійок		0	0	1,5	19,4	55,5	21,3	2,3	0	0
Переміщення		0	2,2	3,1	6,7	20,2	22,2	23,0	15,8	6,8
Вгодованість		1,3	2,6	4,5	18,2	35,5	19,3	15,8	2,8	0
Українська чорно-ряба молочна порода										
Висота		0	1,1	2,0	5,1	31,8	40,2	14,4	3,9	1,5
Ширина грудей		0	2,2	3,7	5,6	10,2	31,8	33,1	9,8	3,6
Глибина тулуба		0	1,1	2,3	4,2	11,3	16,2	25,3	21,4	18,2
Кутастість		0	0	2,2	3,4	14,1	25,3	27,6	22,6	4,8
Нахил заду		0	0	4,3	8,5	68,1	15,7	3,4	0	0
Ширина заду		1,2	1,8	3,4	5,2	14,5	26,1	31,2	13,4	3,2
Кут тазових кінцівок		1,1	2,9	5,2	11,5	49,6	16,4	6,7	4,5	2,1
Постава тазових кінцівок		1,0	1,5	2,6	8,5	27,5	24,3	20,2	11,3	3,1
Кут ратиці		0	1,2	3,4	11,7	48,2	18,6	10,7	3,8	2,4
Прикріплення вимені	переднє	0	1,4	3,1	10,6	18,3	28,8	28,7	6,5	2,6
	заднє	0	1,6	3,5	12,9	21,6	26,2	25,4	6,7	2,1
Центральна зв'язка		0	1,1	3,4	8,5	19,5	21,5	22,3	18,4	5,3
Глибина вимені		0	2,8	4,7	7,8	20,4	34,2	15,6	11,4	3,1
Розміщення дійок	передніх	2,1	8,6	14,4	19,6	35,2	12,7	7,4	0	0
	задніх	1,2	7,4	7,5	17,3	25,4	20,5	13,1	5,3	2,3
Довжина дійок		0	0	2,1	16,6	52,7	23,1	3,4	2,1	0
Переміщення		0	2,7	4,8	8,9	23,5	21,2	22,3	12,4	4,2
Вгодованість		0	1,6	3,5	14,2	32,2	22,8	18,7	4,6	2,4

Розподіл корів-первісток на класи, згідно з міжнародною класифікаційною шкалою, наглядно демонструє рівень племінної цінності піддослідних порід за екстер'єрним типом, який визначається відсотковим співвідношенням кращих від оціненого підконтрольного поголів'я (табл. 3).

Серед оцінених корів голштинської породи у стаді ПП «Буринське» виявлено тварин з оцінкою «дуже добре» – 7,15 %. Переважна більшість (86,0 %) корів отримала клас «добре з плюсом», а «добре» – лише 6,5 %. У корів української чорно-рябої молочної породи це співвідношення склало, відповідно, 5,8; 83,4 та 10,8 %, що дещо нижче у порівнянні з голштинами.

Рівень фінальної оцінки корів-первісток за екстер'єрний тип прямо пропорційно визначає величину їхньої молочної продуктивності за 305 днів першої лактації. Корови голштинської породи з оцінкою «дуже добре» перевищують ровесниць з оцінкою «добре з плюсом» за надоєм на 785 кг (P<0,01), а з оцінкою «добре» – на 1705 кг, різниця високо достовірна при P<0,001. При недостовірній мінливості вмісту жиру в молоці голштинських корів у межах класів надбавка молочного жиру у первісток з оцінкою «дуже добре» становила, у порівнянні з тваринами з оцінкою «добре з плюсом», на 27,7 кг (P<0,05), а з оцінкою «добре» – на 61,1 кг (P<0,001).

Розподіл корів-первісток української чорно-рябої молочної породи за фінальною оцінкою міжнародної класифікаційної шкали на класи також засвідчив про достовірний співвідносний зв'язок рівня оцінки з їхньою молочною продуктивністю.

Корови-первістки УЧРМ породи з оцінкою «дуже добре» з достовірною різницею кращі у порівнянні з ровесницями «добре з плюсом» та «добре» за надоєм, відповідно, на 589 (P<0,05) та 1502 кг (P<0,001) і молочним жиром – на 21,9 (н/д) та 54,6 кг (P<0,01).

У процесі лінійної класифікації корів методика передбачає фіксування особливо помітних недоліків та вад екстер'єру корів. Необхідність та важливість враховувати недоліки статей будови тіла пояснюється характером їхньої успадковуваності.

У таблиці 4 наведено основні недоліки екстер'єру, які зустрілися у обстеженого поголів'я тварин піддослідних порід стада. В оціненого поголів'я корів-первісток голштинської та УЧРМ порід зустрічається невелика кількість тварин з недоліками статей екстер'єру, з дещо більшою кількістю – в останніх, таких, як провисла спина, відповідно, 0,3 та 1,2 %, широка міжратицева щілина – 0,7 та 2,2 %, зближеність задніх кінцівок – 3,1 та 2,8 %, та, особливо, додаткові дійки – 1,4 та 4,6 %, які негативно впливають на загальний вигляд тварин, їхній гармонійний розвиток, погіршуючи також придатність корів до машинного доїння.

Підсумковий аналіз корів-первісток чорно-рябої худоби різного походження, оцінених за методикою лінійної класифікації екстер'єрного типу, виявив відмінні показники за груповими ознаками, загальною оцінкою та важливими у функціональному та технологічному співставленні описовими статями. Очевидна перевага корів голштинської породи над ровесницями української чорно-рябої молочної за оцінками лінійної класифікації вказує на позитивний селекційний ефект, який буде супроводжувати подальше використання голштинських плідників у процесі поглинального схрещування худоби українських молочних порід.

Таблиця 3 – **Співвідносний розподіл корів-первісток за класифікаційною шкалою та продуктивністю**

Фінальна оцінка, балів	Клас	Кількість		Продуктивність корів за першу лактацію, x ± S.E.		
		голів	%	Надій, кг	% жиру	кг жиру
Голштинська порода (293)						
85–89	дуже добре	22	7,5	7233±248,5	3,78±0,075	273,4±11,52
80–84	добре з плюсом	252	86,0	6448±115,6	3,81±0,011	245,7±3,73
75–79	добре	19	6,5	5528±195,3	3,84±0,039	212,3±7,05
Українська чорно-ряба молочна порода (278)						
85–89	дуже добре	16	5,8	6836±261,2	3,79±0,091	260,5±18,64
80–84	добре з плюсом	232	83,4	6247±123,4	3,82±0,011	238,6±4,12
75–79	добре	30	10,8	5334±188,2	3,86±0,035	205,9±6,83

Таблиця 4 – **Основні вади та недоліки екстер'єрних ознак, виявлених у піддослідного поголів'я корів**

Вади екстер'єрних ознак	Голштинська (n=293)		Українська чорно-ряба молочна (n=278)	
	голів	%	голів	%
Провисла спина	1	0,3	4	1,2
Грубий кістяк	0	0	2	0,6
Розмет передніх кінцівок	1	0,3	2	0,6
Іксоподібність задніх кінцівок	1	0,3	2	0,6
Широка міжратицева щілина	2	0,7	7	2,2
Атрофія часток вимені	0	0	2	0,6
Ступінчасте вим'я	0	0	2	0,6
Зближеність задніх дійок	9	3,1	5	2,8
Тонкі та довгі дійки	1	0,3	3	0,9
Короткі дійки	1	0,3	2	0,6
Додаткові дійки	4	1,4	15	4,6

Висновки. Застосування у селекційному процесі молочної худоби при визначенні племінної цінності корів методики лінійної класифікації є досить ефективним засобом об'єктивного визначення породних особливостей екстер'єрного типу. Наявність співвідносного зв'язку між фінальною оцінкою та рівнем молочної продуктивності буде сприяти ефективності селекції при опосередкованому доборі тварин за цими ознаками.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Близнюченко О. Г. Біометрія: монографія. Полтава. Редакційно-видавничий відділ «Terra» Полтавської державної аграрної академії, 2003. 346 с.

2. Державний реєстр суб'єктів племінної справи у тваринництві за 2019 рік. / О. В. Романова та ін.; за заг. ред. С. В. Прийми. Київ, 2020. Том ІІ. 199 с. URL:http://animalbree dingcenter.org.ua/images/files/derjplemreestr/derjplemreestr_tom2_2019.pdf (дата звернення 04.01.2022).

3. Про внесення змін до Закону України "Про племінне тваринництво": Закон України. Голос України. 25 січня 2000 р. № 13 (2260). С. 4–5.

4. Інструкція з бонітування великої рогатої худоби молочних і молочно-м'ясних порід: наказ Міністерства аграрної політики та продовольства № 50 (z0380-17) від 10.02.2017. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0095-04#Text.

5. Кочук-Ященко О. А. Лінійна оцінка типу і молочна продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи різної лінійної належності. Збірник наукових праць Вінницького НАУ. 2014. Вип. 1 (83). Т. 2. С. 139–149.

6. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Буркат В. П., Рубан С. Ю. Реєстрація ICAR: довідник. Суми: Сумський національний аграрний університет, 2010. 457 с.

7. Полупан Ю. П. Генетична детермінація тривалості та ефективності довічного використання чорно-рябої молочної худоби. Розведення і генетика тварин. 2015. Вип. 49. С. 120–133.

8. Хмельничий Л. М., Вечорка В. В. Вплив лінійних ознак екстер'єру на стан молочної продуктивності корів-первісток українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід. Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво. 2020. Вип. 1 (40). С. 11–16.

9. Хмельничий Л. М., Вечорка В. В. Тривалість життя корів української чорно-рябої молочної породи в залежності від рівня оцінки лінійних ознак екстер'єру. Аграрна наука та харчові технології. Вінниця. 2017. Вип. 2 (96). С. 249–258.

10. Хмельничий Л. М., Вечорка В. В., Хмельничий С. Л. Особливості екстер'єрного типу молочної худоби різного походження та співвідносна мінливість лінійних ознак з надоєм голштинської породи. Розведення і генетика тварин. 2018. Вип. 56. С. 77–83.

11. Лінійна класифікація корів молочних і молочно-м'ясних порід за типом: методичні вказівки / Л. М. Хмельничий та ін. 2-е вид., перероб. і доп. Суми: Сумський національний аграрний університет, 2016. 27 с.

12. Bohlouli M., Alijani S., Varposhti M. R. Genetic relationships among linear type traits and milk production traits of Holstein dairy cattle. Ann. Anim. Sci. 2015. 15 (4). P. 903–917.

13. Campos R. V., Cobuci J. A., Kern E. L., Costa C. N., McManus C. M., Campos R. V. Genetic Parameters for Linear Type Traits and Milk, Fat, and Protein Production in Holstein Cows in Brazil. Asian-Australas J Anim Sci. 2015. 28 (4). P. 476–484.

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

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

16. Sawa A., Bogucki M., Krwhel-Czopek S., Neja W. Relationship between conformation traits and lifetime production efficiency of cows. Life Sciences. 2013. P. 85–084.

REFERENCES

1. Blyznyuchenko, O. G. (2003). Biometriia: Monohrafiia. [Biometrics: Monograph]. Poltava. Editorial and publishing department "Terra" of the Poltava State Agrarian Academy, 346 p.

2. Romanova, O. V., Pryima, S. V., Polupan, Yu. P., Basovskyi, D. M. (2020). Derzhavnyi reiestr sub'iektiv pleminnoi spravy u tvarynnytstvi za 2019 rik [State register of subjects of breeding business in Animal husbandry for 2019 year]. Kyiv, vol. 2, 199 p. Available at:http://animalbreedingcenter.org.ua/images/files/derjplemreestr/derjplemreestr_tom2_2019.pdf (Accessed 04.01.2022).

3. Pro vnesennja zmin do Zakonu Ukrai'ny "Pro pleminne tvarynnyctvo": Zakon Ukrai'ny. [Law of Ukraine on Amendments to the Law of Ukraine on Pedigree Livestock]. Golos Ukrai'ny [Voice of Ukraine]. 2000, 25 January, 4 p.

4. Instrukcija z bonituvannja velykoi' rogatoi' hudoby molochnyh i molochno-m'jasnyh porid: nakaz Ministerstva agrarnoi' polityky ta prodovol'stva № 50 (z0380-17) vid 10.02.2017 [Instructions for grading cattle of dairy and dairy-meat breeds. Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food № 50 (z0380-17) dated 10.02.2017]. Available at:https://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/z0095-04#Text.

5. Kochuk-Yashchenko, O. A. (2014). Liniina otsinka typu i molochna produktyvnist koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody riznoi liniinoi nalezhnosti [Linear estimation of type and dairy productivity cows of Ukrainian Black-and-White Dairy breed of different linear affiliation]. Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho NAU [Collection of scientific works of Vinnytsia National University of Science and Technology], issue 1 (83), pp. 139–149.

6. Ladyka, V. I., Khmelnychyi, L. M., Burkat, V. P., Ruban, S. Yu. (2010). Reyestratsiya ICAR: dovidnyk [ICAR Registration: Reference book]. Sumy: Sumy National Agrarian University, 457 p.

7. Polupan, Yu. P. (2015). Genetychna determinacija tryvalosti ta efektyvnosti dovichnogo vykorystannja chorno-rjaboi' molochnoi' hudoby [Genetic determination of the duration and efficiency of lifetime use of black and spotted dairy cattle]. Rozvedennja i genetyka tvaryn [Animal breeding and genetics], issue 49, pp. 120–133.

8. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2020). Vplyv linijnyh oznak ekster'jeru na stan molochnoi' produktyvnosti koriv-pervistok ukrai'ns'kyh chorno-rjaboi' ta chervono-rjaboi' molochnyh porid [The influence of linear features of the exterior on the state of milk productivity of first-born cows of the Ukrainian black and red-spotted dairy breeds]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. Tvarynnytstvo [Animal husbandry], issue 1 (40), pp. 11–16. DOI:10.32845/bsnau.lvst.2020.1.2

9. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V. (2017). Tryvalist zhyttia koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody v zalezhnosti vid rivnia otsinky liniinykh oznak eksterieru [Lifetime of cows Ukrainian Black-and-White dairy breed depending on the assessment level of linear traits conformation]. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii [Agrarian science and food technolog]. Vinnytsia, issue 2 (96), pp. 249–258.

10. Khmelnychyi, L. M., Vechorka, V. V., Khmelnychyi, S. L. (2018). Osoblyvosti ekster'jernogo typu molochnoi' hudoby riznogo pohodzhennja ta spivvidnosna minlyvist' linijnyh oznak z nadojem koriv golshtyns'koi' porody [Features of the dairy cattle conformation type of different origin and relative variability of linear traits with milk yield of Holstein cows]. Rozvedennia i henetyka tvaryn [Breeding and genetics of animals]. Kyiv, issue 56, pp. 77–83.

11. Khmelnychyi, L. M., Ladyka, V. I., Polupan, Yu. P., Bratushka, R. V., Pryima, S. V., Vechorka, V. V. (2016). Linijna klasyfikacija koriv molochnyh i molochno-m'jasnyh porid za typom: metodychni vkazivky. 2-e vyd., pererob. i dop [Linear classification of dairy and dairy-meat cows by type: guidelines. 2nd edition revised and supplemented]. Sumy: Sumy National Agrarian University, 27 p.

12. Bohlouli, M., Alijani, S., Varposhti, M. R. (2015). Genetic relationships among linear type traits and milk production traits of Holstein dairy cattle. Ann. Anim. Sci., 15 (4), pp. 903–917.

13. Campos, R. V., Cobuci, J. A., Kern, E. L., Costa, C. N., McManus, C. M., Campos, R. V. (2015). Genetic parameters for linear type traits and milk, fat, and protein production in Holstein cows in Brazil. Asian-Australas J. Anim. Sci., 28 (4), pp. 476–484.

14. Khmelnychyi, L., Vechorka, V., Khmelnychyi, S., Rubtsov, I., Samokhina, E., Smolyarov, C. (2021). Genetic parameters of linear traits and the effect of cow's final type assessment on the longevity of Ukrainian Black-and-White dairy breed. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, vol. 21, issue 1, pp. 413–421.

15. Khmelnychyi, L., Vechorka, V., Salohub, A., Khmelnychyi, S., Rubtsov, I. (2020). Heritability of traits of the type linear assessment and their genetic association with cow's milk yield of Ukrainian dairy breeds. Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development", vol. 20, issue 1, pp. 269–275.

16. Sawa, A., Bogucki, M., Krwhel-Czopek, S., Neja, W. (2013). Relationship between conformation traits and lifetime production efficiency of cows. Life Sciences, pp. 85–084.

Features of conformation type of black-and-white cows of different origin estimated by linear classification method

Khmelnychyi L., Karpenko B.

The research was carried out in the aspect of studying features of conformation type cows of Ukrainian Black-and-White dairy and Holstein breeds estimated by linear classification method. Basis for research was the herd of company "Ukrlandfarming" private enterprise "Burynske", Pidlisniv branch in Sumy region. The aim was to conduct a comparative analysis of experimental breeds according to the assessment of linear classification and determine the impact of final score for type on milk productivity first-born cows. In general, first-born cows of both breeds were characterized by good linear estimation, especially on a 100-score scale. However, animals of Holstein breed in comparison with Ukrainian Black-and-White dairy were better in terms of body parts, which characterize the dairy type by 1.3 score, body - by 0.8 score, udder - by 1.2 score and the final assessment - by 0.8 score (P <0.001). On the trait of chest width, Holstein animals were inferior to their Ukrainian Black-and-White dairy breeds with reliable difference of 1.3 score, but exceeded in angularity - by 1.2 score, strength of fore udder parts attachment - on 0.8 score, central ligament - by 1.1 score (P <0.001). The final estimation level of first-born cows for conformation type directly proportionally determined their milk productivity in 305 days of the first lactation. Cows of Holstein and Ukrainian Black-and-White dairy breed with score - "very good" exceeded their peers with score - "good with plus" for milking by 785 and 589 kg (P<0.01) respectively, and with score of "good" - by 1705 and 1502 kg (P<0.001). The use in the selection process of dairy cattle, in determining cows breeding value, linear classification method will be a very effective means of objective definition breed features of conformation type. The presence of correlative relationship between the final score and milk productivity level will contribute to the effectiveness of selection in the indirect sampling of animals on these traits.

Key words: Holstein, Ukrainian Black-and-White dairy, linear type assessment, conformation, milk yield.

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

ORCID iD:
Хмельничий Л.М. https://orcid.org/0000-0001-5175-1291
Карпенко Б.М. https://orcid.org/0000-0002-9942-5863

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.5.084.52:547.1'123:577.12

Вплив різних форм селену (селеніту, біогенного наноселену) у комплексі з пробіотиком на метаболічні показники курчат-бройлерів

Демченко О.А.[2], Бітюцький В.С.[1], Цехмістренко С.І.[1],

Тимошок Н.О.[2], Мельниченко Ю.О.[1], Цехмістренко О.С.[1]

[1] *Білоцерківський національний аграрний університет*
[2] *Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України*

Бітюцький В.С. E-mail: voseb@ukr.net

OPEN ACCESS

Демченко О.А., Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Тимошок Н.О., Мельниченко Ю.О., Цехмістренко О.С. Вплив різних форм селену (селеніту, біогенного наноселену) у комплексі з пробіотиком на метаболічні показники курчат-бройлерів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 47–56.

Demchenko O., Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Tymoshok N., Melnychenko Yu., Tsekhmistrenko O. The influence of different selenium forms (selenite, biogenic nanoselenium) in a complex with a probiotic on the metabolic parameters of broiler chickens. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 47–56.

Рукопис отримано: 02.05.2023 р.
Прийнято: 22.05.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-47-56

Селен, як важливий мікроелемент, входить до складу селенопротеїнів із властивостями модуляції росту та поліфакторними механізмами дії. Біологічні ефекти Se залежать від дози та хімічної форми, в якій він надходить до організму. Наночастинки селену мають унікальні характеристики, зокрема малий розмір, велику площу поверхні, розчинність і поліфункціональність. Включення функціоналізованих фітонутрієнтами наночастинок у корми доцільно завдяки розчинності, захисту від окислення та ферментативної деградації, збільшенню часу перебування та підвищенню біодоступності. Біогенні наночастинки селену, отримані методами «зеленого» синтезу за участю мікроорганізмів та рослинних екстрактів, біосумісні та менш токсичні, у порівнянні з неорганічними сполуками селену. Це дослідження було спрямовано на вивчення впливу різних форм селену в комплексі з пробіотиком (*L. plantarum*) на метаболічні процеси в організмі курчат-бройлерів, щоб забезпечити експериментальну основу щодо ефективного використання селеновмісних кормових добавок. Загалом 200 одноденних курчат-бройлерів кросу Кобб–500 методом аналогів було розподілено на чотири групи: К (ПК), селеніт натрію (0,3 мг Se/кг корма) + пробіотик (*L. plantarum*) (2 група); біогенний наноселен (0,3 мг Se/кг корма + *L. Plantarum* (3 група); нанобіокон'югат селену з флавоноїдами лушпиння цибулі (0,3 мг Se/кг корма + *L. Plantarum* (4 група). Добавки селену та наноселену в комплексі з пробіотиком підвищували вміст у сироватці крові білка, у 3-ій та 4-ій групах ця різниця була вірогідною ($p<0,05$). У порівнянні з контролем, активність лужної фосфатази у всіх дослідних групах підвищувалась, проте у бройлерів 4-ї групи збільшення було вірогідним ($p<0,05$). Вміст загальних ліпідів, сечової кислоти та активність амінотрансаміназ вірогідно не відрізнялися у дослідних групах. Вміст креатиніну у сироватці крові та ТБК-активних продуктів у печінці птиці 3-ї та 4-ї груп був менший ($p<0,05$), проте кількість відновленого глутатіону (GSH) у тканинах печінки був ймовірно більшим. Встановлено, що наночастинки селену, синтезовані за участю зелених технологій, нетоксичні, біосумісні, мають антиоксидантні та гепатопротекторні властивості. Одержані результати є важливим орієнтиром щодо використання синтезованих інноваційним «зеленим» методом кон'югантів наноселену з флавоноїдами лушпиння цибулі в комплексі з пробіотичним штамом лактобактерій (*L. Plantarum*), як функціональної кормової добавки для поліпшення метаболічних процесів організму бройлерів, та можуть бути включені до складу кормових добавок для птиці.

Ключові слова: нанотехнології, наночастинки селену, «зелений» синтез, кверцетин, лушпиння цибулі, бройлери, кров, печінка, біохімічні показники.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Селен є важливою дієтичною добавкою та важливим мікроелементом, що входить до складу селенопротеїнів із властивостями модуляції росту та поліфакторними механізмами дії. Однак традиційні сполуки селену зазвичай мають вузьке поживне або терапевтичне вікно з низьким ступенем поглинання та вузькі межі безпеки, залежно від дози та хімічної форми, в якій вони надходять в організм. У навколишньому середовищі селен, хімічним символом якого є Se, існує в різних ступенях окиснення (2−, 0, 2+, 4+, 6+) та у таких формах, як селенат (Na_2SeO_4), селеніт (Na_2SeO_3), селенометіонін (SeMet), селеноцистеїн (SeCys) і нульовалентний Se (Se^0)[13, 24, 27,48].

Біологічні та токсикологічні ефекти Se як в антропогенному, так і в природному середовищах залежать від конкретного хімічного стану [26]. Нульовий ступінь окислення Se (Se^0) виявлений у наночастинках селену (SeNP), демонструє нижчу токсичність і чудову біодоступність, у порівнянні з іншими ступенями окислення Se^{6+}, Se^{4+}і Se^{2-} [37, 46]. Розроблення екологічно чистого і маловартісного методу синтезу наночастинок має важливе значення.

Завдяки останнім досягненням у нанотехнологіях нано-Se привернув широку увагу, оскільки він демонструє високу біологічну активність і низьку токсичність, що робить його ідеальною добавкою Se та поглиначем вільних радикалів [21]. Екологічна чистота виробництва наноструктур, застосування яких зростає значними темпами, є актуальною проблемою сьогодення.

Для синтезу наночастинок фізичними та хімічними методами необхідно використовувати відновлювальні агенти, які мають високу реакційну та токсичну дію, тобто вони є екологічно небезпечними та економічно вартісними. «Зелений» синтез залучає біооб'єкти, такі як бактерії, гриби, водорості, віруси та рослини. Такі «біонанофабрики» є доступними унікальними структурами, екологічно ефективними, та мають високу селективну здатність трансформувати окремі елементи в нульвалентний стан з утворенням наночастинок [41].

Крім цього, було доведено, що біогенні SeNPs – безпечні. Отже, біогенні SeNPs набувають інтересу, і нещодавні експерименти показали, що вони кращі, ніж синтетичні SeNPs і навіть інші органічні та неорганічні види Se, які використовувалися в минулому [21, 29, 38, 40]. Нині біогенні SeNPs набувають все більшого значення в медицині через їх високу терапевтичну цінність. SeNPs синтезують фізичними, хімічними та біогенними методами. У порівнянні з іншими підходами (фізичними та хімічними), SeNPs, отримані біогенними методами, – більш стабільні та не агрегують через покриття біомолекул. Отже, додаткові стабілізувальні агенти не потрібні [43, 44]. Використання фізичних та хімічних процесів синтезу вимагає високих температур, низького pH і небажаних хімічних речовин [22], що може зробити наночастинки токсичними та ризикованими для застосування людиною. Біогенні SeNPs містять нетоксичний матеріал і є безпечними для використання. Вони також є екологічно чистими та не мають токсичного впливу на природну екосистему [33]. Мікробами, які беруть участь у біогенному синтезі, є бактерії, гриби, водорості, актинобактерії та дріжджі [41]. Завдяки останнім досягненням у нанотехнологіях, нано-Se, отриманий методами «зеленої хімії», привернув широку увагу, оскільки він демонструє високу біологічну активність і низьку токсичність, що робить його ідеальною добавкою Se та поглиначем вільних радикалів [21].

Таким чином, враховуючи широкі можливості, які пропонують нанотехнології в діагностиці, лікуванні та профілактиці багатьох захворювань, SeNPs є корисними інструментами в дослідженнях з винятковими перевагами як потенційні терапевтичні засоби, з підвищеною біодоступністю, покращеним націлюванням та ефективністю проти окислювального стресу та розладів, опосередкованих запаленням [6]. З огляду на потребу в розробці екологічно чистих, недорогих, простих і високопродуктивних біомедичних агентів, які також можуть поєднуватися з тераностичними цілями та виявляти незначні побічні ефекти, біогенним SeNPs нині приділяється особлива увага [42, 39, 48].

Синтез наночастинок рослинного походження має численні переваги, включаючи масштабованість, біосумісність і медичне застосування. Таким чином, наночастинки рослинного походження, отримані з легкодоступних рослинних матеріалів, підходять для задоволення високого попиту на наночастинки для застосування в біомедичній, сільськогосподарській та екологічній сферах [2, 14]. Актуальним є синтез, що здійснюється за допомогою відходів агровиробництва, зокрема рослинних, при цьому процес синтезу не тільки стає «зеленим», а й екологічно чистим. Одним з таких рослинних відходів є лушпиння цибулі [17].

Цибулеве лушпиння містить у 20 разів більше кверцетину та глікозидів кверцетину,

ніж їстівна частина. Фенольні сполуки лушпиння цибулі містять кверцетин 4'-О-глюкозид і кверцетин, а також інші глікозиди кверцетину, ціанідин 3-О-глюкозид та низку продуктів деградації та окиснення кверцетину. Встановлено, що кверцетин має подвійний антиоксидантний потенціал, діючи спочатку у своїй неокисненій формі як поглинач активних форм кисню, а надалі, у разі окиснення, через окремі свої прооксидантні метаболіти підсилює антиоксидантні реакції. Останнім часом інтенсивно проводять дослідження із «зеленого» синтезу наночастинок золота [31], срібла [4, 34], оксиду заліза [5] з використання як відновника та стабілізатора флавоноїдів лушпиння цибулі.

Таким чином, біогенні методи мають більшу перевагу перед методами хімічного відновлення через їх більш високу біосумісність, біоактивність та меншу цитотоксичність. Використання рослинних екстрактів більш вигідно, в порівнянні з бактеріальним шляхом, оскільки містить в собі довготривалі процедури культивування і витрати на підтримку клітинних культур [12].

Мета дослідження. Наші дослідження спрямовано на дослідження впливу різних форм селену, зокрема селеніту, біогенного наноселену, синтезованого за участі бактерій та нанобіокон'югатів селену з флавоноїдами лушпиння цибулі, в комплексі з пробіотиком на метаболічні показники організму курчат-бройлерів.

Матеріал і методи дослідження. Наночастинки біогенного наноселену, синтезованого за участю бактерій та нанобіокон'югатів селену з флавоноїдами лушпиння цибулі, були синтезовані спільно з науковцями відділу проблем інтерферону та імуномодуляторів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України та у лабораторії НДІ екології та біотехнології БНАУ. У дослідженнях використовували флавоноїди екстракту лушпиння цибулі як природні та доступні відновники для забезпечення стабільності наночастинок селену й біодоступності утворених нанокон'югатів.

Науково-господарські експерименти щодо встановлення ефективності використання різних форм селену в комплексі з пробіотиком на метаболічні показники курчат-бройлерів проводили в умовах віварію. Дослідження було виконано із використанням методу груп аналогів [2].

Для досліду відібрали 200 голів добових курчат-бройлерів кросу Кобб-500, яких розділили за принципом аналогів на 4 групи – контрольну і три дослідні, по 50 голів у кожній.

Для курчат-бройлерів усіх груп було забезпечено однакові умови мікроклімату, які задовольняли чинні зоогігієнічні норми. Експеримент тривав 42 доби. Піддослідну птицю годували повнораціонними комбікормами: передстартер, стартер, гровер і фінішер, згідно зі схемою досліду. Склад та поживність комбікорму впродовж досліду змінювались, залежно від віку курчат-бройлерів. Бройлери першої (контрольної) групи одержували повнораціонні комбікорми для курчат-бройлерів (ПК). До комбікорму дослідних груп птиці за багатоступеневого змішування додавали селеніт натрію + пробіотик **(***L. plantarum***)** (2 група), біогенний наноселен (0,3 мг Se/кг корма + *L. plantarum* (3 група) та нанобіокон'югат селену з флавоноїдами лушпиння цибулі (0,3 мг Se/кг корма + *L. plantarum* (4 група). Дозування пробіотику+ *L. plantarum* та препаратів Селену відповідало встановленим ефективним кількостям, за попередніми науковими дослідженнями, і становило 0,2 кг кормової про біотичної добавки/т комбікорму та 0,3 мг Se/кг корму.

Відбір крові та зважування курчат-бройлерів проводили після завершення експерименту (42-а доба). Кров для дослідження відбирали методом прижиттєвої пункції підкрильної вени. Для біохімічних досліджень застосовували тест-набори НВП «Філісіт Діагностика» (Україна). У сироватці крові визначали вміст загального білка біуретовою реакцією [28], загальних ліпідів, сечової кислоти [1], активність лужної фосфатази [23], аланінамінотрансферази (АлАТ) та аспартатамінотрансферази (АсАТ) [32].

Вміст глутатіону (GSH) у гомогенаті печінки визначали за рівнем утворення тіонітрофенільного аніона за взаємодії HS-груп глутатіону з 5,5′-дитіобіс-2-нітробензойною кислотою [19]. Концентрацію ТБК-активних продуктів у гомогенатах печінки виражали у нмоль МДА/г тканини [16].

Під час проведення досліджень дотримувалися загальних принципів біоетики, законодавчих норм та вимог, згідно з положенням «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та наукових цілей» (Страсбург, 1986) та «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах» (Україна, 2001). Результати досліджень опрацьовували за стандартними статистичними методами у програмі Microsoft Excel.

Результати дослідження та обговорення. Біохімічний аналіз крові є стандартним способом оцінки стану здоров'я птиці, оскільки зміни показників можуть надати інформацію про інтенсивність метаболізму, стан окремих їх органів та якість раціону (табл. 1).

Таблиця 1 – **Біохімічні показники крові курчат-бройлерів** (M±m, n=5).

Показники	Група			
	1(К)	2	3	4
Загальний білок, г/дм^3	31,2±1,17	33,9±1,25	37,4±1,31*	39,8±1,46*
Загальні ліпіди, г/дм^3	5,18±0,61	5,14±0,32	5,09±0,40	5,28±0,43
Сечова кислота, мкмоль/дм^3	312,1±25,6	302,9±17,1	298,8±18,1	285,8±21,5
Креатинін, мкмоль/дм^3	170,6±5,29	168,6±7,10	158,3±5,86	154,1±3,35*
АлАТ, мкмоль/год×см^3	2,52±0,21	2,73±0,17	2,32±0,14	2,12±0,19
АсАТ, мкмоль/год×см^3	14,3±0,92	15,5±0,64	13,1±1,06	12,4±0,89
Лужна фосфатаза, мкмоль/хв×дм^3	1332,7±104,7	1382,9±147,9	1567,2±136,5	1948,6±112,2*

Примітка: * вірогідність різниць показників, у порівнянні з контролем: * – p<0,05.

Важливим показником для діагностики захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, є вміст загального білка у сироватці крові. За результатами дослідження встановлено, що його кількість у контрольній групі була вірогідно нижчою (p≤0,05), ніж у 3-й та 4-й групах птиці. Ці зміни можуть свідчити про посилення білкового обміну в дослідних групах бройлерів.

Вміст загальних ліпідів у сироватці крові птиці контрольної групи складав 5,18±0,61 г/дм^3, а у дослідних –5,14±0,32г/дм^3,5,09±0,40 г/дм^3 та 5,28±0,43 г/дм^3 у відповідних групах, тобто не мав вірогідної різниці.

Стан печінки, яка є центральною «лабораторією» організму, можна характеризувати за активністю амінотрансфераз (АлАТ, АсАТ) у сироватці крові. Оцінюючи активності трансаміназ встановили, що їх значення перебували у межах фізіологічної норми та мали тенденцію до зменшення.

Концентрації загального білка разом з рівнями АлАТ і АсАТ у крові та профілем ліпідів є надійними індикаторами функцій печінки і тісно пов'язані зі ступенем порушення ліпідного обміну в печінці [9, 50].

Згодовування курчатам-бройлерам у складі комбікормів різних форм селену у комплексі з пробіотиком, супроводжувалось тенденцією до зменшення вмісту сечової кислоти у крові. У піддослідних групах цей показник склав 302,9±17,1 мкмоль/дм^3 (2-а група) і 298,8±18,1 мкмоль/дм^3 (3-я група), та 285,8±21,5 (4-а група), що нижче за показники контрольної групи (312,1±25,6). Це свідчить про оптимізацію білкового обміну та відсутність токсичного впливу досліджуваних препаратів на нирки бройлерів дослідних груп. У птахів і рептилій сечова кислота є основним кінцевим продуктом білкового обміну, синтезується в печінці і виводиться нирковими канальцями. Як прооксидант сечова кислота може опосередковувати утворення реактивних радикалів через ланцюгову реакцію, що призводить до стану високого оксидативного стресу. Такому стану сприяють ліпідні молекули, зокрема ліпіди низької щільності, які є сприйнятливими до окиснення, направленого на мембрани, а не на клітинні компоненти. Таким чином, перемикання між антиоксидантною та прооксидантною активністю сечової кислоти залежить від її мікрооточення та швидкості генерації радикалів [30]. Найбільш оптимальною вважається кількість сечової кислоти у сироватці крові птахів не більше 360 мкмоль/дм^3. Концентрація сечової кислоти в крові відображає екскреторну функціональну здатність проксимальних канальців нирок [35]. Відомо, що пошкодження нирок і аномальна катаболічна активність супроводжуються підвищеними концентраціями у крові сечовини, сечової кислоти та креатиніну [20]. Сечовина крові може бути використана як життєво важливий індикатор для оцінки потреби в амінокислотах або ефективності їх використання курчатами-бройлерами. Сироваткова сечовина виявляє інтенсивність метаболізму амінокислот, причому вищий катаболізм амінокислот пов’язаний з більшою концентрацією сечовини [18]. Зниження вмісту сечовини у сироватці може бути пов’язано з більш високим викорис-

танням та подальшим зменшенням катаболізму амінокислот [11, 25, 47].

Нашими дослідженнями встановлена тенденція до зниження вмісту сечової кислоти у крові, що може свідчити про посилене використання та синтез білка у курчат-бройлерів, яким згодовували комбікорми з додаванням наноселену в комплексі з пробіотиками. Відомо, що пошкодження нирок і аномальна катаболічна активність супроводжуються підвищеними концентраціями сечовини в крові, сечової кислоти та креатиніну [15].

Підвищення рівня сечової кислоти в крові (гіперурикемія) у птахів, є результатом зниження ниркової екскреції сечової кислоти як послідовності пошкодження нирок. Деякі дослідники підкреслювали роль ниркових змін у підвищенні рівня сечовини крові та сечової кислоти [36].

Креатинін, продукт життєдіяльності, що утворюється в результаті катаболізму фосфокреатину, фільтрується в основному нирками. Відбувається певна канальцева реабсорбція креатиніну, але це компенсується приблизно еквівалентним ступенем канальцевої секреції. Будь-які зміни рівня креатиніну в крові пов'язані з виведенням і, отже, відображають функцію нирок.

Встановлено, що у сироватці крові курчат-бройлерів 4 дослідної групи (згодовували корм з нанокон'югатом селену з флавоноїдом кверцетином) активність лужної фосфатази, достовірно, перевищувала показник контролю. Позитивний вплив згодовування комбікорму із добавками кверцетину підтверджуються даними [45], в яких встановлено, що кверцетин, який використовується як харчова добавка для бройлерів, покращує розвиток великогомілкової кістки і активує метаболізм кальцію і фосфору, підвищує активність лужної фосфатази сироватки крові.

Вміст ТБК-активних продуктів у печінці бройлерів 3-ї та 4-ї дослідних груп є вірогідно нижчим, порівняно з контрольною групою (табл. 2). Результати наших досліджень підтверджують дані [8], в яких оцінювалася можлива підвищувальна ефективність дії наночастинок селену (SeNPs) щодо $AlCl_3$ індукованого гепаторенального пошкодження у щурів. Лікування SeNPs полегшує гепаторенальну дисфункцію, поповнює ендогенну антиоксидантну систему, знижує експресію каспази-3 та підвищує експресію Bcl-2. Ця гепаторенальна дія може бути зумовлена здатністю SeNPs врівноважувати систему оксидант/антиоксидант, окрім її здатності послаблювати процес апоптозу [8].

Головна роль у захисті клітин від оксидативного стресу належить системі глутатіону. Відновлений глутатіон (GSH) є важливим неферментативним антиоксидантом у клітинах ссавців. GSH може діяти безпосередньо як антиоксидант для захисту клітин від вільних радикалів та прооксидантів, а також як кофактор для антиоксидантних та дезінтоксикаційних ферментів, таких як глутатіонпероксидаза, глутатіон S-трансфераза та гліоксалаза [10].

Глутатіон – важливий ендогенний антиоксидант, що бере участь у численних життєво важливих клітинних функціях, у тому числі, захисті від дії вільних радикалів та активних форм кисню. У ссавців печінка займає центральне місце в метаболізмі GSH, оскільки вона, зазвичай, має найбільшу концентрацію GSH в організмі і може забезпечити ним всі інші тканини за допомогою міжорганної циркуляції, причому у бройлерів вміст печінкового GSH може бути на 25–50 % меншим, ніж у ссавців. Результати проведених нами досліджень вмісту глутатіону у печінці доводять, що вміст GSH у тканинах печінки дослідних груп зростає, вірогідними були зміни у курчат 2-ї та 3-ї дослідних груп.

Позитивний ефект кверцетину на статус GSH висвітлено у дослідженнях [49], згідно з якими встановлено, що кверцетин може модулювати експресію генів, пов'язаних з антиоксидантами для полегшення окиснювального стресу, підвищує рівень GSH і знижує рівень активних форм кисню для запобігання спричиненого токсикантом окисного пошкодження шляхом активації фактору транскрипції-Nrf2 та експресії антиоксидантних ферментів.

Таблиця 2 – **Біохімічні показники печінки бройлерів** (M±m, n=5).

Показники	Група			
	1(К)	2	3	4
GSH, мкмольGSH/г тканини печінки	3,92±0,15	4,39±0,17	4,82±0,21*	5,12±0,22*
Вміст ТБК-активних продуктів, нмоль МДА /г протеїну	2,92±0,16	2,68±0,19	2,41±0,14*	2,33±0,12*

Висновки. Встановлено, що додавання до складу комбікорму бройлерів біокон'югатів селену та кверцетину, одержаних з відходів сільськогосподарського виробництва (лушпиння цибулі), підвищували вміст у сироватці крові білка, активність лужної фосфатази. Вміст ТБК-активних продуктів достовірно знижувався ($p<0,05$) у бройлерів 3-ї та 4-ї дослідних груп. Активність аспартатамінотрансферази та вміст креатиніну в крові було знижено ($p<0,05$) у птиці 3-ї та 4-ї дослідних груп. Використання у складі комбікормів наночастинок селену в комплексі з пробіотиком підвищують вміст глутатіону у печінці курчат-бройлерів.

Новизна та перевага запропонованого біокомпозиту в тому, що об'єднують позитивні ефекти фітонутрієнту кверцетину та синтезованих інноваційним «зеленим» методом нанокон'югатів Селену з використанням відходів агровиробництва, що значно зменшує концентрацію флавоноїду та стабілізує його структуру. Синтезовані з відходів агровиробництва (лушпиння цибулі) наночастинки селену, функціоналізовані кверцетином, нетоксичні, біосумісні, мають антиоксидантні властивості та можуть бути включені до складу кормових добавок для тварин та птиці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Влізло В. В., Федорук Р. С., Ратич І. Б. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник. Львів: Сполом, 2012. 764 с.
2. Кононенко В. К., Ібатуллін І. І., Патров В. С. Практикум з основ наукових досліджень у тваринництві. Київ, 2000. 96 с.
3. Цехмістренко, О.С., Бітюцький, В.С., Цехмістренко, С.І. Використання наночастинок металів та неметалів у птахівництві. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: Зб. наук. праць, 2019. 2, С. 113–130.https://doi.org/10.33245/2310-9289-2019-150-2-113-130
4. Green synthesis, characterization and applications of silver nanoparticle mediated by the aqueous extract of red onion peel/ H.S.T.S.H. Abdullah et al. Environmental Pollution. 2021. 271. 116295 p. DOI:10.1016/j.envpol.2020.116295.
5. Abid M. A., Abid D. A., Aziz W. J., Rashid T. M. Iron oxide nanoparticles synthesized using garlic and onion peel extracts rapidly degrade methylene blue dye. Physica B: Condensed Matter, 2021. 622. 413277 p. DOI:10.1016/j.physb.2021.413277.
6. Ahmadi M., Ahmadian A., Seidavi A. R. Effect of different levels of nano-selenium on performance, blood parameters, immunity and carcass characteristics of broilerchickens. Poultry Science Journal, 2018. 6(1). P. 99–108. DOI:10.22069/psj.2018.13815.1276.
7. Using green biosynthesized lycopene-coated selenium nanoparticles to rescue renal damage in glycerol-induced acute kidney injury in rats/ A. Al-Brakati et al. International journal of nanomedicine, 2021. P. 4335–4349.
8. Al-Kahtani M., Morsy K. Ameliorative effect of selenium nanoparticles against aluminum chloride-induced hepatorenal toxicity in rats. Environmental Science and Pollution Research, 2019. 26(31). P. 32189–32197. DOI:10.1007/s11356-019-06417-y.
9. Attia Y. A., Al-Harthi M. A. Nigella seed oil as an alternative to antibiotic growth promoters for broiler chickens. Eur. Poult. Sci. 2015. 79. P. 1612–9199. DOI:10.1399/eps.2015.80.
10. Averill-Bates D. A. The antioxidant glutathione. Vitamins and Hormones, 2023. 121. 109–141. DOI:10.1016/bs.vh.2022.09.002.
11. Awad E. A., Zulkifli I., Soleimani A. F., Aljuobori A. Effects of feeding male and female broiler chickens on low-protein diets fortified with different dietary glycine levels under the hot and humid tropical climate. Ital. J. Anim. Sci. 2017. 16. P. 453–461. DOI:10.1080/ 1828051X.2017.1291288.
12. Bisht N., Phalswal P., Khanna P. K. Selenium nanoparticles: A review on synthesis and biomedical applications. Materials Advances, 2022. 3(3). P. 1415–1431. DOI:10.1039/ D1MA00639H.
13. A novel method for the measurement of elemental selenium produced by bacterial reduction of selenite / K. C. Biswas et al. J. Microbiol. Methods. 2011. 86. P. 140–144. DOI:10.1016/ j.mimet.2011.04.009.
14. Influence of selenium on redox processes, selenoprotein metabolism and antioxidant status of aquaculture facilities/ V.S. Bityutskyy et al. Таврійський науковий вісник, 2020. 114. P. 231–240. DOI:10.32851/2226-0099.2020.114.28.
15. Chaudhari G. R., Kaul L. Effect of castor meal feeding on serum and uric acid concentration in white Leghorn cockerels. Ind. J. Environ. Toxicol. 1996. 1. P. 45–47.
16. Dahle L. K., Hill E. G., Holman R. T. The thiobarbituric acid reaction and the autoxidations of polyunsaturated fatty acid methyl esters. Archives of biochemistry and biophysics, 1962. 98(2). P. 253–261.
17. Synthesis of functionalized selenium nanoparticles with the participation of flavonoids. Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice/A. Demchenko et al. In Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan, 2022. P. 29–35.
18. Uric acid, urea, and ammonia concentrations in serum and uric acid concentration in excreta as indicators of amino acid utilization in diets for broilers/ A.L. Donsbough et al. Poultry Science, 2010. 89(2). P. 287–294. DOI:10.3382/ps.2009-00401.
19. Ellman G. L. Tissue sulfhydryl groups. Archives of biochemistry and biophysics. 1959. 82(1). P. 70–77.
20. Griffin B. R., Faubel S., Edelstein C. L. Biomarkers of drug-induced kidney toxicity. Therapeutic drug monitoring, 2019. 41(2). 213 p. DOI:10.1097/FTD.0000000000000589.
21. Nano-selenium and its nanomedicine applications: a critical review/ B. Hosnedlova et

al. International journal of nanomedicine, 2018. P. 2107–2128. DOI:10.2147/IJN.S157541.

22. A novel selenium nanoparticles-enhanced chemilum in escence system for determination of dinitrobutylphenol/ M. Iranifam et al. Talanta. 2013. 107. P. 263–269. DOI:10. 1016/j.talanta.2012.12.043.

23. Kind P. R. N., King E. J. Estimation of plasma phosphatase by determination of hydrolysed phenol with amino-antipyrine. Journal ofclinical Pathology, 1954. 7(4). 322 p.

24. Lau A.T., Tan H.W., Xu Y.M. Epigenetic effects of dietary trace elements. Curr. Pharmacol. Rep. 2017. 3. P. 232–241. DOI:10.1007/s40495-017-0098-x

25. The effects of low-protein diets and protease supplementation on broiler chickens in a hot and humid tropical environment/ F.L. Law et al. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 2018. 31. P. 1291–1300. DOI:10.5713/ajas.17.0581.

26. Lenz M., Lens P. N. The essential toxin: The changing perception of selenium in environmental sciences. Sci. Total Environ. 2009. 407. P. 3620–3633. DOI:10.1016/j.scitotenv. 2008.07.056.

27. Selenite reduction by Shewanellaoneidensis MR-1 is mediated by fumarate reductase in periplasm/ D.-B. Li et al. Sci. Rep. 2014. 4. 3735 p. DOI:10.1038/srep03735.

28. Lowry O. H., Rosenbrough N. I., Farr A. R. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 1951. 193(1). P. 265−275.

29. Maiyo F., Singh M. (2017). Selenium nanoparticles: Potential in cancer gene and drug delivery. Nanomedicine. 12. P. 1075–1089. DOI:10.2217/nnm-2017-0024.

30. Nabavi S. M., Silva A. S. (Eds.). Antioxidants Effects in Health: The Bright and the Dark Side. Academic Press. 2022.

31. Phukan K., Devi R., Chowdhury D. Green synthesis of gold nano-bioconjugates from onion peel extract and evaluation of their antioxidant, anti-inflammatory, and cytotoxic studies. ACS omega, 2021. 6(28). P. 17811–17823. DOI:10.1021/acsomega.1c00861.

32. Reitman S., Frankel S. (1957). A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. American journal of clinical pathology, 1957. 28(1). P. 56–63.

33. Rapid efficient synthesis and characterization of silver, gold, and bimetallic nanoparticles from the medicinal plant Plumbago zeylanica and their application in biofilm control/ G.R. Salunke et al. International journal of nanomedicine, 2014. P. 2635–2653. DOI:10.2147/ IJN.S59834.

34. Santhosh A., Theertha V., Prakash P., Chandran S.S. From waste to a value added product: Green synthesis of silver nanoparticles from onion peels together with its diverse applications. Materials Today: Proceedings, 2021. 46. P. 4460–4463. DOI:10.1016/j.matpr.2020.09.680.

35. Scope A., Schwendenwein I. Laboratory evaluation of renal function in birds. Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice, 2020. 23(1). P. 47–58.

36. Siller W. G. Renal Pathology of the Fowl. A Review. Avian Pathology, 1981. 10. P. 187–262. DOI:10.1080/03079458108418474.

37. Biosynthesis of selenium nanoparticles by Pantoea agglomerans and their antioxidant activity/ S.K. Torres et al. J. Nanoparticle Res. 2012. 14. 1236 p. DOI:10.1007/s11051-012-1236-3.

38. Tóth R. J., Csapó J. The role of selenium in nutrition–A review. Acta Univ. Sapientiae Aliment. 2018. 11. P. 128–144. DOI:10.2478/ausal-2018-0008.

39. Tsekhmistrenko S. I., Bityutskyy V. S., Tsekhmistrenko O. S. Markers of oxidative stress in the blood of quails under the influence of selenium nanoparticles. In Impact of modernity on science and practice. Abstracts of XVIII International Scientific and Practical Conference. Boston, USA, 2020. P. 177–180.

40. Ecological and toxicological characteristics of selenium nanocompounds/ S.I. Tsekhmistrenko et al. Ukrainian Journal of Ecology, 2021. 11(3). P. 199–204. DOI: 10.15421/2021_163.

41. Bionanotechnologies: synthesis of metals' nanoparticles with using plants and their applications in the food industry: A review/ S. Tsekhmistrenko et al. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, 2021. 10(6). 1513 p. DOI:10.15414/jmbfs.1513.

42. Biogenic Selenium Nanoparticles and Their Anticancer Effects Pertaining to Probiotic Bacteria – A Review/ A. Ullah et al. Antioxidants, 2022. 11(10). 1916 p. DOI:10.3390/antiox11101916.

43. Van Overschelde O., Guisbiers G., Snyders R. Green synthesis of selenium nanoparticles by excimer pulsed laser ablation in water. APL Mater. 2013. 1. 042114. DOI:10.1063/1.4824148.

44. Wadhwani S. A., Shedbalkar U. U., Singh R., Chopade B. A. Biogenic selenium nanoparticles: Current status and future prospects. Appl. Microbiol. Biotechnol. 2016. 100. P. 2555–2566. DOI:10.1007/s00253-016-7300-7.

45. Quercetin regulates calcium and phosphorus metabolism through the Wnt signaling pathway in broilers/ B. Wang et al. Frontiers in Veterinary Science, 2022. 8. 1670 p. DOI:10.3389/fvets.2021.786519.

46. Wang H., Zhang J., Yu H. Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: Comparison with selenomethionine in mice. Free Radic. Biol. Med. 2007. 42. P. 1524–1533. DOI:10.1016/j. freeradbiomed.2007.02.013.

47. Response of broilers to gradual dietary protein reduction with or without an adequate glycine plus serine level/ W.-W. Wang et al. Ital. J. Anim. Sci. 2020. 19. P. 127–136. DOI:10.1080/ 1828051X.2019.1704634.

48. Biogenic Selenium Nanoparticles in Biomedical Sciences: Properties, Current Trends, Novel Opportunities and Emerging Challenges in Theranostic Nanomedicine/ M.C. Zambonino et al. Nanomaterials, 2023. 13(3). 424 p. DOI:10.3390/nano13030424.

49. Zerin T., Kim Y. S., Hong S. Y., Song H. Y. Quercetin reduces oxidative damage induced by paraquat via modulating expression of antioxidant genes in A549 cells. Journal of Applied Toxicology, 2013. 33(12). P. 1460–1467. DOI:10.1002/jat.2812.

50. The application of reduced dietary crude protein levels supplemented with additional amino acids in laying ducks/ Y.N. Zhang et al. Poultry Science, 2021. 100(4). 100983 p. DOI:10.1016/j.psj.2021.01.006.

REFERENCES

1. Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., Ratych, I. B. (2012). Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnytstvi ta veterynarnii medytsyni: dovidnyk [Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: a handbook]. Lviv: Spolom, 764 p. (In Ukrainian).

2. Kononenko, V. K., Ibatullin, I. I., Patrov, V. S. (2000). Praktykum zosnovna ukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi [Workshop on the basics of scientific research in animal husbandry]. Kyiv, 96 p. (In Ukrainian).

3. Cehmistrenko, O.S., Bitjuc'kyj, V.S., Cehmistrenko, S.I. (2019). Vykorystannja nanochastynok metaliv ta nemetaliv u ptahivnyctvi [The use of nanoparticles of metals and non-metals in poultry farming]. Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkcii' tvarynnyctva: zb. nauk. prac' [Technology of production and processing of livestock products: coll. of science works]. 2, pp. 113–130. (in Ukraine). DOI:10.33245/2310-9289-2019-150-2-113-130

4. Abdullah, H.S.T.S.H., Asseri, S.N.A.R.M., Mohamad, W.N.K.W., Kan, S.Y., Azmi, A.A., Julius, F.S.Y., Chia, P.W. (2021). Green synthesis, characterization and applications of silver nanoparticle mediated by the aqueous extract of red onion peel. Environmental Pollution, 271, 116295 p. DOI:10.1016/j.envpol.2020.116295.

5. Abid,M.A.,Abid,D.A.,Aziz,W.J.,Rashid,T.M. (2021). Iron oxide nanoparticles synthesized using garlic and onion peel extracts rapidly degrade methylene blue dye. Physica B: Condensed Matter, 622, 413277 p. DOI:10.1016/j.physb.2021.413277.

6. Ahmadi, M., Ahmadian, A., Seidavi, A.R. (2018). Effect of different levels of nano-selenium on performance, blood parameters, immunity and carcass characteristics of broilerchickens. Poultry Science Journal, 6(1), pp. 99–108. DOI:10.22069/psj.2018.13815.1276.

7. Al-Brakati, A., Alsharif, K.F., Alzahrani, K. J., Kabrah, S., Al-Amer, O., Oyouni, A. A., Abdel Moneim, A.E. (2021). Using green biosynthesized lycopene-coated selenium nanoparticles to rescue renal damage in glycerol-induced acute kidney injury in rats. International journal of nanomedicine, pp. 4335–4349.

8. Al-Kahtani, M., Morsy, K. (2019). Ameliorative effect of selenium nanoparticles against aluminum chloride-induced hepatorenal toxicity in rats. Environmental Science and Pollution Research, 26(31), pp. 32189–32197. DOI:10.1007/s11356-019-06417-y.

9. Attia, Y. A., Al-Harthi, M. A. (2015). Nigella seed oil as an alternative to antibiotic growth promoters for broiler chickens. Eur. Poult. Sci. 79, pp. 1612–9199. DOI:10.1399/eps. 2015.80.

10. Averill-Bates, D. A. (2023). The antioxidant glutathione. Vitamins and Hormones, 121, pp. 109–141. DOI:10.1016/bs.vh.2022.09.002

11. Awad, E. A., Zulkifli, I., Soleimani, A. F., Aljuobori, A. (2017). Effects of feeding male and female broiler chickens on low-protein diets fortified with different dietary glycine levels under the hot and humid tropical climate. Ital. J. Anim. Sci., 16, pp. 453–461. DOI:10.1080/ 1828051X.2017.1291288.

12. Bisht, N., Phalswal, P., Khanna, P. K. (2022). Selenium nanoparticles: A review on synthesis and biomedical applications. Materials Advances, 3(3), pp. 1415–1431. DOI:10.1039/ D1MA00639H.

13. Biswas, K. C., Barton, L. L., Tsui, W. L., Shuman, K., Gillespie, J., Eze, C. S. (2011). A novel method for the measurement of elemental selenium produced by bacterial reduction of selenite. J. Microbiol. Methods, 86, pp. 140–144. DOI:10.1016/j.mimet.2011.04.009.

14. Bityutskyy, V. S., Tsekhmistrenko, S. I., Tsekhmistrenko, O. S., Oleshko, O. A., Heiko, L. M. (2020). Influence of selenium on redox processes, selenoprotein metabolism and antioxidant status of aquaculture facilities. Taurian Scientific Bulletin, 114, pp. 231–240. DOI:10.32851/2226-0099.2020.114.28 (In Ukrainian).

15. Chaudhari, G. R., Kaul, L. (1996). Effect of castor meal feeding on serum and uric acid concentration in white Leghorn cockerels. Ind. J. Environ. Toxicol., 1, pp. 45–47.

16. Dahle, L. K., Hill, E. G., Holman, R. T. (1962). The thiobarbituric acid reaction and the autoxidations of polyunsaturated fatty acid methyl esters. Archives of biochemistry and biophysics, 98(2), pp. 253–261.

17. Demchenko, A., Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, S., Tsekhmistrenko, O., Kharchyshyn, V. (2022). Synthesis of functionalized selenium nanoparticles with the participation of flavonoids. Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. In Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan, pp. 29–35.

18. Donsbough, A. L., Powell, S., Waguespack, A., Bidner, T. D., Southern, L. L. (2010). Uric acid, urea, and ammonia concentrations in serum and uric acid concentration in excreta as indicators of amino acid utilization in diets for broilers. Poultry Science, 89(2), pp. 287–294. DOI:10.3382/ps.2009-00401.

19. Ellman, G.L. (1959). Tissue sulfhydryl groups. Archives of biochemistry and biophysics, 82(1), pp. 70–77.

20. Griffin, B. R., Faubel, S., Edelstein, C. L. (2019). Biomarkers of drug-induced kidney toxicity. Therapeutic drugmonitoring, 41(2), 213 p. DOI:10.1097/FTD.0000000000000589.

21. Hosnedlova, B., Kepinska, M., Skalickova, S., Fernandez, C., Ruttkay-Nedecky, B., Peng, Q., Kizek, R. (2018). Nano-selenium and its nanomedicine applications: a critical review. International journal of nanomedicine, pp. 2107–2128. DOI:10.2147/IJN.S157541.

22. Iranifam, M., Fathinia, M., Rad, T. S., Hanifehpour, Y., Khataee, A. R., Joo, S. W. (2013). A novel selenium nanoparticles-enhanced chemiluminescence system for determination of dinitrobutylphenol. Talanta, 107, pp. 263–269. DOI:10.1016/j.talanta.2012.12.043.

23. Kind, P. R. N., King, E. J. (1954). Estimation of plasma phosphatase by determination of hydrolysed phenol with amino-antipyrine. Journal of clinical Pathology, 7(4), 322 p.

24. Lau, A. T., Tan, H. W., Xu, Y. M. (2017). Epigenetic effects of dietary trace elements. Curr. Pharmacol. Rep. 3, pp. 232–241. DOI:10.1007/s40495-017-0098-x.

25. Law, F. L., Zulkifli, I., Soleimani, A. F., Liang, J. B., Awad, E. A. (2018). The effects of low-protein diets and protease supplementation on broiler chickens in a hot and humid tropical environment. Asian-Australas. J. Anim. Sci., 31, pp. 1291–1300. DOI:10.5713/ajas.17.0581.

26. Lenz, M., Lens, P. N. (2009). The essential toxin: The changing perception of selenium in environmental sciences. Sci. Total Environ., 407, pp. 3620–3633. DOI:10.1016/j. scitotenv.2008.07.056.

27. Li, D.-B., Cheng, Y.-Y., Wu, C., Li, W.-W., Li, N., Yang, Z.-C., Tong, Z.-H., Yu, H.-Q. (2014). Selenite reduction by *Shewanellaonei densis* MR-1 is mediated by fumarate reductase in periplasm. Sci. Rep. 4, 3735 p. DOI:10.1038/srep03735.

28. 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.

29. Maiyo, F., Singh, M. (2017). Selenium nanoparticles: Potential in cancer gene and drug delivery. Nanomedicine, 12, pp. 1075–1089. DOI:10.2217/nnm-2017-0024.

30. Nabavi, S. M., Silva, A. S. (Eds.). (2022). Antioxidants Effects in Health: The Bright and the Dark Side. Academic Press.

31. Phukan, K., Devi, R., Chowdhury, D. (2021). Green synthesis of gold nano-bioconjugates from onion peel extract and evaluation of their antioxidant, anti-inflammatory, and cytotoxic studies. ACS omega, 6(28), pp. 17811–17823. DOI:10.1021/acsomega.1c00861.

32. 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.

33. Salunke, G. R., Ghosh, S., Santosh Kumar, R. J., Khade, S., Vashisth, P., Kale, T., Chopade, B. A. (2014). Rapid efficient synthesis and characterization of silver, gold, and bimetallic nanoparticles from the medicinal plant Plumbago zeylanica and their application in biofilm control. International journal of nanomedicine, pp. 2635–2653. DOI:10.2147/IJN.S59834.

34. Santhosh, A., Theertha, V., Prakash, P., Chandran, S.S. (2021). From waste to a value added product: Green synthesis of silver nanoparticles from onion peels together with its diverse applications. Materials Today: Proceedings, 46, pp. 4460–4463. DOI:10.1016/j. matpr.2020.09.680.

35. Scope, A., Schwendenwein, I. (2020). Laboratory evaluation of renal function in birds. Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice, 23(1), pp. 47–58.

36. Siller, W.G. (1981). Renal Pathology of the Fowl. A Review. Avian Pathology, 10, pp. 187–262. DOI:10.1080/03079458108418474.

37. Torres, S. K.; Campos, V. L.; León, C. G.; Rodríguez-Llamazares, S. M.; Rojas, S. M.; Gonzalez, M.; Smith, C.; Mondaca, M. A. (2012). Biosynthesis of seleniumnanoparticles by *Pantoea agglomerans* and their antioxidant activity. J. Nanoparticle Res., 14, 1236 p. DOI:10.1007/s11051-012-1236-3.

38. Tóth, R. J., Csapó, J. (2018). The role of selenium in nutrition–A review. Acta Univ. Sapientiae Aliment. 11, pp. 128–144. DOI:10.2478/ausal-2018-0008.

39. Tsekhmistrenko, S. I., Bityutskyy, V. S., Tsekhmistrenko, O. S. (2020). Markers of oxidative stress in the blood of quails under the influence of selenium nanoparticles. In Impact of modernity on science and practice. Abstracts of XVIII International Scientific and Practical Conference. Boston, USA, pp. 177–180.

40. Tsekhmistrenko, S. I., Bityutskyy, V. S., Tsekhmistrenko, O. S., Kharchishin, V. M., Tymoshok, N. O., Demchenko, A. A., Tokarchuk, T. S. (2021). Ecological and toxicological characteristics of selenium nanocompounds. Ukrainian Journal of Ecology, 11(3), pp. 199–204. DOI:10.15421/2021_163.

41. Tsekhmistrenko, S., Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, O., Merzlo, S., Tymoshok, N., Melnichenko, A., Yakymenko, I. (2021). Bionanotechnologies: synthesis of metals' nanoparticles with using plants and their applications in the food industry: A review. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, 10(6), 1513 p. DOI:10.15414/jmbfs.1513.

42. Ullah, A., Mu, J., Wang, F., Chan, M. W. H., Yin, X., Liao, Y., Kazmi, M. R. (2022). Biogenic Selenium Nanoparticles and Their Anticancer Effects Pertaining to Probiotic Bacteria – A Review. Antioxidants, 11(10), 1916 p. DOI:10.3390/antiox11101916.

43. Van Overschelde, O., Guisbiers, G., Snyders, R. (2013). Green synthesis of selenium nanoparticles by excimer pulsed laser ablation in water. APL Mater., 1, 042114. DOI:10.1063/1.4824148.

44. Wadhwani, S. A., Shedbalkar, U. U., Singh, R., Chopade, B. A. (2016). Biogenic selenium nanoparticles: Current status and future prospects. Appl. Microbiol. Biotechnol., 100, pp. 2555–2566. DOI:10.1007/s00253-016-7300-7.

45. Wang, B., Wang, S., Ding, M., Lu, H., Wu, H., Li, Y. (2022). Quercetin regulates calcium and phosphorus metabolism through the Wnt signaling pathway in broilers. Frontiers in Veterinary Science, 8, 1670 p. DOI:10.3389/fvets.2021.786519.

46. Wang, H., Zhang, J., Yu, H. (2007). Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: Comparison with selenomethionine in mice. Free Radic. Biol. Med., 42, pp. 1524–1533. DOI:10.1016/j. freeradbiomed.2007.02.013.

47. Wang, W.-W., Wang, J., Wu, S.-G., Zhang, H.-J., Qi, G.H. (2020). Response of broilers to gradual dietary protein reduction with or without an adequate glycine plus serine level. Ital. J. Anim. Sci., 19, pp. 127–136. DOI:10.1080/1828051X.2019.1704634.

48. Zambonino, M. C., Quizhpe, E. M., Mouheb, L., Rahman, A., Agathos, S. N., Dahoumane, S. A. (2023). Biogenic Selenium Nanoparticles in Biomedical Sciences: Properties, Current Trends, Novel Opportuni-

ties and Emerging Challenges in Theranostic Nanomedicine. Nanomaterials, 13(3), 424 p. DOI:10.3390/nano13030424.

49. Zerin, T., Kim, Y. S., Hong, S. Y., Song, H. Y. (2013). Quercetin reduces oxidative damage induced by paraquat via modulating expression of antioxidant genes in A549 cells. Journal of Applied Toxicology, 33(12), pp. 1460–1467. DOI:10.1002/jat.2812.

50. Zhang, Y.N., Wang, S., Deng, Y.Z., Huang, X.B., Li, K. C., Chen, W., Zheng, C. T. (2021). The application of reduced dietary crude protein levels supplemented with additional amino acids in laying ducks. Poultry Science, 100(4), 100983 p. DOI:10.1016/j.psj.2021.01.006.

The influence of different selenium forms (selenite, biogenic nanoselenium) in a complex with a probiotic on the metabolic parameters of broiler chickens

Demchenko O., Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Tymoshok N., Melnychenko Yu., Tsekhmistrenko O.

Selenium, as an important trace element, is part of selenoproteins with growth-modulating properties and multifactorial mechanisms of action. The biological effects of Se depend on the dose and chemical form in which it enters the body. Selenium nanoparticles have unique characteristics, including small size, large surface area, solubility and multifunctionality. The inclusion of phytonutrient-functionalized nanoparticles in feed is expedient due to solubility, protection against oxidation and enzymatic degradation, increased residence time, and increased bioavailability. Biogenic selenium nanoparticles, obtained by "green" synthesis methods with the participation of microorganisms and plant extracts, are biocompatible and less toxic compared to inorganic selenium compounds. This study was aimed at studying the effect of different forms of selenium in a complex with a probiotic (*L. plantarum*) on metabolic processes in the body of broiler chickens in order to provide an experimental basis for the effective use of selenium-containing feed additives. A total of 200-day-old broiler chickens of the Cobb 500 cross were divided into four groups by the analog method: K (PC), sodium selenite (0.3 mg Se/kg feed) + probiotic (*L. plantarum*) (2nd group); biogenic nanoselenium (0.3 mg Se/kg feed + *L. plantarum* (3rdgroup); nanobioconjugate of selenium with flavonoids of onion peel (0.3 mg Se/kg feed + *L. plantarum* (group 4). Supplements of selenium and nanoselenium in a complex with a probiotic increased the content of protein in blood serum, in the 3rd and 4th groups this difference was significant ($p<0.05$). Compared to the control, the activity of alkaline phosphatase increased in all experimental groups, but in broilers of the 4th group, the increase was probable ($p<0.05$). The content of total lipids, uric acid and activity of aminotransaminases probably did not differ in the experimental groups. The content of creatinine in blood serum and TBC-active products in the liver of birds of the 3rd and 4th groups was lower ($p<0.05$), but the amount of reduced glutathione (GSH) in the liver tissues was probably higher. It has been established that selenium nanoparticles synthesized with the participation of green technologies are non-toxic, biocompatible, have antioxidant and hepatoprotective properties. The obtained results are an important guideline for the use of nanoselenium conjugates synthesized by the innovative "green" method with flavonoids of onion peel in a complex with a probiotic strain of lactobacilli (L. Plantarum) as a functional feed additive to improve the metabolic processes of the broiler body and can be included in the composition feed additives for poultry.

Key words: nanotechnology, selenium nanoparticles, "green" synthesis, quercetin, onion peel, broilers, blood, liver, biochemical indicators.

Copyright: Демченко 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:
Демченко О.А. https://orcid.org/0000-0003-1457-143X
Бітюцький В.С. https://orcid.org/0000-0002-2699-3974
Цехмістренко С.І. https://orcid.org/0000-0002-7813-6798
Тимошок Н.О. https://orcid.org.0000-0002-4207-4492
Мельниченко Ю.О. https://orcid.org/0000-0002-1324-0762
Цехмістренко О.С. https://orcid.org/0000-0003-0509-4627

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 636.4.084.1/.086.7:633.3

Біологічна цінність зеленої маси амаранту та її використання у складі комбінованих силосів для молодняку свиней

Кривий М.М.[1], **Горчанок А.В.**[2], **Кузьменко О.А.**[3], **Васильєв Р.О.**[1], **Діхтяр О.О.**[1]

[1] *Поліський національний університет*
[2] *Дніпровський державний аграрно-економічний університет*
[3] *Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail: Кривий М.М. kryvyi.znau@gmail.com; Горчанок А.В. khavturina@meta.ua; Кузьменко О.А. oksana.kuzmenko@btsau.edu.ua; Васильєв Р.О. vasylyev.r@ukr.net; Діхтяр О.О. olena.dikhtiar@gmail.

OPEN ACCESS

Кривий М.М., Горчанок А.В., Кузьменко О.А., Васильєв Р.О., Діхтяр О.О. Біологічна цінність зеленої маси амаранту та її використання у складі комбінованих силосів для молодняку свиней. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 57–66.

Kryvyi M., Horchanok A., Kuzmenko O., Vasyliev R., Dikhtyar O. Biological value of green amaranth mass and its use in composition of combined silos for young pigs. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 57–66.

Рукопис отримано: 13.03.2023 р.
Прийнято: 27.03.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-57-66

Щороку в Україні та усьому світі збільшується попит на зернову продукцію. Зростання світових цін на зерно робить тваринницьку продукцію високовитратною та менш рентабельною. Своєю чергою, зміна природно-кліматичних умов, дефіцит енергоресурсів спонукають вчених до пошуку кормових культур, які були б високоврожайними, дешевими, біологічно повноцінними, екологічно чистими, здатними ефективно впливати на продуктивність тварин та заміняти частину зернових кормів. Сьогодні кліматичні умови регіону Полісся, селекція та прогресивні технології забезпечують зростання вирощування малопоширених кормових культур. Крім того, зростає інтерес до рослин-інтродуцентів та самого інтродуційного процесу. Ці рослини високоврожайні, з високим умістом біологічно повноцінного протеїну, здатні за короткий період вегетації сформувати потужну біомасу і бути стійкими до несприятливих екологічних факторів.

Вивчаючи результати досліджень з використання нетрадиційних культур, до яких належить родина амарантових (*Amaranthus L*), важливе значення мають питання пошуку науково-обґрунтованих типів годівлі свиней з використанням дешевих і високопоживних соковитих кормів.

Для реалізації зазначеної мети було поставлено такі завдання: дослідити фенологічні показники, урожайність та хімічний склад зеленої маси амаранту за фазами росту і розвитку; розробити рецепти силосів та визначити оптимальну кількість зеленої маси амаранту в складі комбінованих силосів для молодняку свиней на відгодівлі. Під час розроблення рецептів комбінованих силосів ми дотримувались наступних вимог: комбінований силос повинен мати високу енергетичну цінність – біля 4 МДж в одному кілограмі корму; вміст перетравного протеїну на одну кормову одиницю – 80-100 г та оптимальну кількість органічних кислот.

Встановлено, що максимальний урожай зеленої маси амаранту (245,5 ц/га) та вихід сухої речовини (62,5 ц/га) отримано у фазі воскової стиглості. До складу комбінованих силосів в умовах Полісся України доцільно включати 20–26 % зеленої маси амаранту та згодовувати свиням на відгодівлі від 55 % до 75 % за загальною поживністю.

Ключові слова: свині, зелена маса, урожайність, поживні речовини, годівля.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Результати досліджень показують, що найважливішими лімітуючими амінокислотами для свиней є лізин, метіонін+ +цистин і триптофан. За нестачі в кормах тієї чи іншої амінокислоти потреба в протеїні значно зростає. Недостатнє забезпечення раціонів протеїном призводить до порушень обміну речовин, захворювань і загибелі молодняку [1].

Свині легко пристосовуються до поїдання різноманітних кормів, вони погано споживають грубі та зелені корми з великим умістом сирої клітковини [2]. Під час зберігання фуражного зерна під впливом температури, доступу повітря, вологості та ряду інших факторів суттєво змінюється вміст поживних речовин в одному кілограмі корму [3, 5–7].

Відповідно, за внесення концентрованих кормів до складу комбінованого силосу втрата поживних речовин не перевищує величин втрати за зберігання його в натуральному вигляді [4].

Для отримання високоякісного комбінованого силосу велике значення має фаза вегетації культури, яка входить до його складу. Для приготування високопоживних комбісилосів у сухій речовині зелених кормів повинно міститися 20–26 % протеїну, 10–18 % клітковини, 4–5 % жиру, 30–35 % безазотистих екстрактивних речовин [6, 8]. Експериментально доведено доцільність застосування продуктів переробки амаранту в технології хлібобулочних виробів для підвищення їх якості та розширення асортименту продуктів підвищеної харчової цінності. Добавки листя та шроту насіння амаранту у кількостях 0,5; 1,0 та 2,0 % до маси борошна позитивно впливають на якість тіста та готових хлібобулочних виробів [9].

Підвищення кількості соковитих кормів від 8,1 до 29,7 % і грубих – від 5–10 %, і зменшення частки концентрованих кормів від 87,7 до 58,0 % за поживністю у раціонах підсисних свиноматок сприяло покращенню в шлунково-кишковому тракті перетравності поживних речовин, підвищенню засвоєння і коефіцієнту використання азоту та обмінної енергії [10, 11].

Використання біологічного потенціалу зеленої маси амаранта залежить від оцінки його за показниками поживності. Своєю чергою, останні належать до комплексу критеріїв оцінювання доцільності вирощування кормової культури в певному ґрунтово-кліматичному регіоні [12, 13].

У період 1935–1997 рр. на дослідних ділянках відділу кормовиробництва Одеської ДСГДС вченими проведено дослідження оцінки показників поживності різних сортів зеленої маси амаранта: вміст сухої речовини змінювався в залежності від сорту від 11,0 до 24,6 %; кількість перетравного протеїну, що припадає на 1 корм. од., в 1,9–2,3 раза більше загальноприйнятої необхідної кількості; вміст сирої клітковини в 1 кг сухої речовини – від 240,4 до 288,5 г; співвідношення сирого протеїну до цукру – в межах 1:0,1–1:0,34; високий уміст золи: співвідношення між кальцієм та магнієм за сортами становить від 1,0 до 1,4 [14, 15]. Накопичення значної кількості білка в зеленій масі пояснюється специфічним механізмом фотосинтезу, внаслідок якого утворюються оксалоацетат та аспарагат – інтермедіати на шляху синтезу лізину та сімейства інших протеїногенних амінокислот [16].

Незначна кількість цукру і високий уміст білка, золи перешкоджають накопиченню достатньої кількості вільних органічних кислот. За цих причин амарант відносять до рослин, що важко силосуються, а тому його рекомендують силосувати в суміші з іншими культурами [17].

Зелена маса амаранту містить 3–4,3 % протеїну, який за амінокислотним складом наближається до «ідеального протеїну» для свиней, завдяки високому вмісту незамінних амінокислот, особливо лізину [18].

У перерахунку на абсолютну суху речовину вміст лізину в амаранті становить 4,3–6,5 %, що вдвічі перевищує його кількість у пшениці, і втричі – у кукурудзі [19, 20]. Найбільш інтенсивний приріст зеленої маси та накопичення сухої речовини в амаранті відбувається у фазі «кінець гілкування – викидання волоті» [21]. У дослідах введення зеленої маси амаранту в межах 15 % за поживністю до раціону свиней віком до 5,5 місяців зменшило витрати обмінної енергії на 1 кг приросту до 14,6 % [22].

Амарант, соя, кормові буряки, яблучні вичавки можуть проявляти протекторні та детоксикаційні властивості, що сприяє підвищенню ефективності виробництва екологічно безпечної продукції тваринництва [23]. Практична цінність амаранту полягає в тому, що він майже вдвічі менше поглинає води, ніж листкові злаки, втричі більше, ніж бобові фітоценози може давати зеленої маси з виходом високоякісного білка вище на 25–25 % на одиницю площі [24–27].

Таким чином, аналіз наведених результатів досліджень свідчить, що в умовах Полісся України комплексних системних досліджень у ланцюзі «ґрунт–рослина–організм тварини–продукція» з використання зеленої маси амаранту в годівлі свиней у складі комбісилосів недостатньо, і це питання потребує уточнення.

Відтак, **мета досліджень –** з'ясування доцільності і ефективності використання зеленої маси амаранту у складі силосів для молодняку свиней.

Матеріали та методи досліджень. Експериментальні польові дослідження проводились на дослідному полі Поліського національного університету на експериментальній ділянці площею 5 га, бал родючості ґрунту становив 41. Підготовку ґрунту до посіву починали з лущення, оранку проводили на глибину 20–22 см з внесенням органічних добрив 30 т/га. Попередником цього поля був ярий ячмінь. Ранньою весною проведено культивацію (на 3–5 см), передпосівне боронування з вирівнюванням поверхні ґрунту. Посів амаранту проводили в першій декаді червня, зерно заробляли на глибину 2 см, насіння змішували з гранульованим суперфосфатом у співвідношенні 1/10. Норма висіву зерна становила 0,7 кг/га.

У процесі досліджень проводили фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин за методикою висоти рослин амаранту державного сорту випробовування.

Визначення урожайності, висоти та відбір зразків для повного зоотехнічного аналізу проводили на початку викидання волоті, цвітіння, молочної, воскової стиглості амаранту. Облік урожаю зеленої маси амаранту проводили за фазами вегетації методом контрольного укосу. Після зважування зеленої маси відбирали середні проби масою 1,5–2,0 кг для визначення хімічного складу.

У зеленій масі амаранту та конюшини червоної визначали вміст сухої речовини, сирого, перетравного протеїну, сирої клітковини, сирого жиру, безазотистих екстрактивних речовин, золи, вміст макро- та мікроелементів, згідно із загальноприйнятими методиками зоотехнічного аналізу кормів [20, 21].

Було розроблено і заготовлено 4 варіанти силосів. У структурі силосів зелена маса амаранту становила 20–39 %, гарбузи кормові – 9–12, буряк кормовий з гичкою – 33–36, полова лляна – 3, дерть ячмінна (вологістю 25 %) – 16–29 %.

Одночасно, за аналогічними рецептами, готували лабораторні силоси. Всі лабораторні досліди проводили в триразовій повторності. Хімічний склад експериментальних силосів визначали на основі відбору середніх проб. За відбору комбісилосу проводилась органолептична оцінка, яка характеризувала колір, запах, смак, структуру корму. Крім того, в силосі визначали pH, кількість молочної, оцтової і масляної кислот.

Результати дослідження та обговорення. Спостереження за фазами росту і розвитку амаранту свідчать, що в умовах Полісся України у початковій фазі проходять уповільнені процеси росту рослин. Цей період триває від 18 до 20 днів і характеризується підготовкою рослини до інтенсивного росту. У фазі бутонізації перебігає період інтенсивного росту, коли прогресують ростові процеси. Тривалість цього періоду становить 20 днів. З початком фази цвітіння і впродовж всієї фази молочної стиглості, яка триває 30 днів, настає період повільного росту. Це – період найбільш тривалий, і характеризується незначними приростами. Завершальним є період, який триває 10–15 днів, і характеризується як період стаціонарного стану, коли процеси росту майже припиняються (табл. 1).

Динаміку продуктивності вегетативної маси амаранту за фазами розвитку рослин представлено в таблиці 2.

Таблиця 1 – **Висота рослин амаранту за декадами вегетаційного періоду,** см

Фази росту і розвитку рослин	Декади вегетації	M ± m
Початкова фаза розвитку	I	4,2±0,04
		13,7±0,11
Фаза викидання волоті	II	26,1±0,17
Фаза бутонізації	III	42,7±0,22
	IV	73,0±0,50
Фаза цвітіння	V	89,6±0,87
	VI	101,1±1,29
Фаза молочної стиглості	VII	114,7±0,49
Фаза воскової стиглості	VIII	122,7±0,68
Середньодобовий приріст за вегетаційний період		1,44±0,01

Таблиця 2 – **Урожайність зеленої маси амаранту,** ц/га

Фази вегетації амаранту	M±m
Початок викидання волоті	114,4±1,22
Цвітіння	187,8±0,90
Молочна стиглість	235,5±0,92
Воскова стиглість	245,5±1,80
Середньодобовий приріст зеленої маси	2,51±0,061

Аналіз одержаних даних свідчить про те, що максимальну кількість зеленої маси амаранту отримано у фазі воскової стиглості – 245,5 ц/га, а у фазі молочної стиглості – 235,5 ц/га. Найбільший приріст зеленої маси проходив від фази викидання волоті до цвітіння.

Вплив фаз росту і розвитку на продуктивність амаранту відображають показники вмісту і виходу сухої речовини з одиниці площі (табл. 3 і 4).

Таблиця 3 – **Динаміка вмісту сухої речовини у надземній зеленій масі амаранту, залежно від фаз росту і розвитку,** %

Фази росту і розвитку амаранту	M±m
Початок викидання волоті	20,7±0,13
Цвітіння	22,5±0,28
Молочна стиглості	23,8±0,43
Воскова стиглість	25,4±0,26

Таблиця 4 – **Вихід сухої речовини у масі амаранту, залежно від фаз росту і розвитку рослин, ц/га** (M±m)

Фази росту і розвитку амаранту	M±m	Приріст	
		ц/га	%
Початок викидання волоті	24,0±0,36	-	100
Цвітіння	42,7±0,08	18,65	177
Молочна стиглість	56,4±0,58	32,39	235
Воскова стиглість	62,5±0,65	38,53	260

Вміст сухої речовини у зеленій масі амаранту збільшувався у міру старіння рослин – з 20,7 до 25,4 %.

Отже, приріст виходу сухої речовини з гектара посіву амаранту у фазі цвітіння становив 18,65 ц/га, у фазі молочної стиглості – 32,39 ц/г, фазі воскової стиглості – 38,53 ц/га, порівняно з фазою початку викидання волоті.

Таким чином, у ході досліджень продуктивності амаранту у зоні Полісся України у різних фазах росту встановлено, що максимальний урожай і вихід поживних речовин з одиниці площі одержано у фазі воскової стиглості рослин.

Вивчали також хімічний склад зеленої маси амаранту, залежно від фази росту і розвитку рослин (табл. 5).

Вміст сирого протеїну найвищим був у фазі початку викидання волоті – 24,7 %, а в міру росту і розвитку поступово зменшувався, і у фазі воскової стиглості цей показник становив 14,2 %.

Мірою старіння рослин і збільшення вегетативної маси вихід сирого протеїну з одиниці площі збільшувався і становив у фазі початку викидання волоті 5,93 ц/га, у фазі цвітіння – 8,73, молочної стиглості – 9,02, воскової стиглості – 8,92 ц/га (табл. 6).

Стрімке накопичення сирої клітковини відбувалось у фазі цвітіння, надалі цей процес відбувався більш рівномірно (табл. 5). Вихід сирої клітковини з одиниці площі у міру старіння зростав і складав у фазі початку викидання волоті 2,67 ц/га; у фазі цвітіння – 6,54; у фазі молочної стиглості – 9,88; фазі воскової стиглості – 12,09 ц/га.

Вміст сирого жиру, навпаки, мінімальним був у фазі викидання волоті – 2,2 %, а потім поступово підвищувався до 6,5 % у фазі воскової стиглості. Вихід сирого жиру з одиниці площі мінімальним був у фазі початку викидання волоті, в середньому – 0,52ц/га, у фазі цвітіння – 1,46; у фазі молочної і воскової стиглості він збільшився і становив, відповідно, 3,20–4,10 ц/га.

Вміст безазотистих екстрактивних речовин за фазами росту і розвитку у зеленій масі майже не різнився (табл. 7).

Так, у фазі воскової стиглості він становив 46,4 %, а у фазах викидання волоті, цвітіння і молочної стиглості дещо зменшився і становив 42,6; 44,2 та 45,7 %, відповідно. Вихід безазотистих екстрактивних речовин з 1 га у міру старіння рослин збільшувався з 10,23 ц/га до 29,02 ц/га. Вміст сирої золи зменшувався у міру старіння рослин з 19,3 % у фазі початку викидання волоті до 13,4 % у фазі воскової стиглості. Аналізуючи хімічний склад зеленої маси амаранту по роках, слід відзначити, що хімічний склад і вміст поживних речовин у рослинах амаранту в умовах Полісся України, зібраних у різні фази росту і розвитку, коливаються залежно від кліматичних умов, максимальний вміст поживних речовин у зеленій масі амаранту спостерігався у фазі цвітіння.

Таблиця 5 – **Динаміка хімічного складу зеленої маси амаранту за фазами розвитку, % в сухій речовині**

Показники	Фази росту і розвитку			
	початок викидання волоті	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
Сирий протеїн	24,7±0,18	20,4±0,39	16,1±0,18	14,2±0,06
Сира клітковина	11,2±0,06	15,5±0,07	17,6±0,10	19,4±0,15
Сирий жир	2,2±0,039	3,5±0,049	5,6±0,030	6,5±0,103
БЕР	42,6±0,36	44,2±0,21	45,7±0,37	46,4±0,79
Сира зола	19,3±0,18	16,4±0,13	15,0±0,11	13,4±0,19

Таблиця 6 – **Вихід поживних речовин амаранту з одиниці площі, ц/га**

Фази росту і розвитку	Суха речовина	Сирий протеїн	Сира клітковина	Сирий жир	БЕР
Початок викидання волоті	24,01	5,93	2,67	0,52	10,23
Цвітіння	42,66	8,73	6,54	1,46	18,92
Молочна стиглість	56,40	9,02	9,88	3,20	25,87
Воскова стиглість	62,54	8,92	12,09	4,10	29,02

Таблиця. 7 – **Вміст зольних елементів у зеленій масі амаранту, % в сухій речовині,** (M±m)

Показники	Фази росту і розвитку			
	початок викидання волоті	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
Кальцій	2,61±0,02	2,35±0,02	1,97±0,03	1,80±0,03
Магній	1,79±0,02	1,62±0,01	1,56±0,01	1,60±0,02
Калій	3,56±0,01	5,02±0,02	3,10±0,01	2,80±0,03
Фосфор	0,35±0,003	0,27±0,003	0,25±0,001	0,21±0,003
Мідь	0,73±0,005	0,51±0,004	0,47±0,004	0,42±0,00
Цинк	3,15±0,03	2,73±0,01	2,51±0,02	2,31±0,02
Кобальт	0,060±0,0005	0,060±0,0001	0,046±0,0001	0,043±0,0003

Для життя тварин, крім органічних речовин необхідні також і мінеральні, які використовуються для побудови кістяка, безпосередньо беруть участь у процесах травлення, регулюють соматичний тиск, підтримують в організмі кислотно-лужний баланс.

Мінеральний склад кормів коливається в широких межах, залежно від фази вегетації рослин, зональних умов, рівня агротехніки та інших факторів. Аналіз вмісту зольних елементів (% в сухій речовині) за фазами вегетації свідчить, що високий їх рівень був у фазі початку викидання волоті, а у фазі воскової стиглості – найнижчий.

Таким чином, хімічний склад і поживність зеленої маси амаранту, вирощеного в умовах Полісся України і зібраного у різні фази вегетації рослин, значною мірою змінювались, залежно від природно-кліматичних умов, фаз вегетації.

Приготування комбінованих силосів проводили в лабораторних і виробничих умовах. Силоси усіх рецептів мали слабо кислий запах, колір – зеленуватий зі слабко-коричневим відтінком, добру якість і належали до першого класу.

По вмісту органічних кислот всі силоси, заготовлені в лабораторних умовах, були доброї якості (табл. 8).

Загальна сума кислот становила 2,05–2,33 %, масляна кислота, яка була присутня в силосі № 2, перебувала у зв'язаному стані, її вміст становив 1,2 % від загальної кількості органічних кислот, що свідчить про закономірний перебіг мікробіологічних процесів, передусім молочнокислого бродіння.

За такою самою схемою, що і при закладанні лабораторних силосів, заготовляли силоси у виробничих умовах (табл. 9).

Таблиця 8 – **Біохімічні показники лабораторних комбінованих силосів**

Показники	№1	№2	№3	№4
Волога, %	71,5	68,4	67,2	63,0
pH	3,97	4,00	4,18	4,12
Сума кислот, %	2,33	2,31	2,12	2,05
в т.ч. молочна	1,53	1,56	1,42	1,38
оцтова	0,80	0,75	0,70	0,67
масляна	-	0,03	-	-
Співвідношення кислот, %	-	-	-	-
в т. ч. молочна	65,7	66,7	67,0	67,3
оцтова	34,3	32,1	33,0	32,7
масляна	-	1,2	-	-

Таблиця 9 – **Хімічний склад комбінованих силосів, заготовлених у виробничих умовах,** г/кг

Поживні речовини	Рецепти силосів			
	№1	№2	№3	№4
Кормові одиниці, кг	0,3	0,3	0,38	0,44
Обмінна енергія, МДж	3,46	3,66	4,55	5,12
Суха речовина, г	270	280	320	360
Сирий протеїн, г	39,9	44,6	46,8	50,9
Перетравний протеїн, г	27,2	31,1	31,8	34,2
Сирий жир, г	8,65	8,53	9,12	9,97
Сира клітковина, г	28,8	27,4	23,4	24,6
БЕР, г	175,6	173,4	219,6	254,5
Лізин, г	2,1	4,0	3,9	3,8
Метіонін + Цистин, г	1,38	1,80	1,66	1,58
Кальцій, мг	2,85	2,93	2,37	2,12
Фосфор, г	1,11	1,13	1,29	1,46
Магній, г	0,63	0,45	0,55	0,62
Мідь, мг	0,80	1,02	1,09	1,20
Цинк, мг	7,50	7,67	8,58	9,73
Кобальт, мг	0,12	0,15	0,17	0,12
Каротин, мг	17,5	12,5	8,4	6,3

Слід відзначити, що вміст кормових одиниць в 1кг виробничих силосів (№ 3, № 4) з включенням зеленої маси амаранту був на 26,6 і 46,6 %, а обмінної енергії – на 31,5 і 47,9 % вищим порівняно з комбінованим силосом з конюшини (рецепт (№ 1).

Силоси з включенням зеленої маси амаранту мали вищий уміст сирого протеїну, порівняно з силосом, де використовувалась зелена маса конюшини, відповідно, на 11,7, 17,3, 27,5 %. Вміст сирої клітковини у силосі № 1, порівняно з рецептом № 3, № 4, був більшим, відповідно, на 18,7 і 14,5 %.

Біохімічні показники виробничих силосів коливалась від 64,0 % до 73,0 %, рівень pH – від 3,84 до 4,09. В усіх варіантах силосів переважала молочна кислота, загальна сума кислот становила 2,17–2,50 % (табл. 10).

Таблиця 10 – **Біохімічні показники виробничих комбінованих силосів**

Показники	№1	№2	№3	№4
Волога, %	73,0	72,0	68,0	64,0
pH	3,95	3,84	4,02	4,09
Сума кислот, %	2,50	2,38	2,17	2,27
в т. ч.молочна	1,69	1,53	1,42	1,55
оцтова	0,81	0,85	0,75	0,72
масляна	-	-	-	-
Співвідношення кислот, %	-	-	-	-
в т.ч молочна	67,6	64,3	65,4	68,3
оцтова	32,4	35,7	34,6	31,7
масляна	-	-	-	-

Таким чином, на основі аналізу лабораторних і виробничих силосів можна стверджувати, що включення до складу комбінованих силосів зеленої маси амаранту сприяло збільшенню концентрації поживних речовин у них.

Висновки. Продуктивність вегетативної маси амаранту змінювалась залежно від фази розвитку рослин і кліматичних умов. У зоні Полісся у найбільш сприятливих умовах максимальний урожай зеленої маси амаранту та вихід сухої речовини отримано у фазі воскової стиглості, відповідно, – 245,5 ц/га та 62,5 ц/га.

Вміст сирого протеїну в сухій речовині максимальним був у фазі початку викидання волоті 24,6–24,9 %, а в міру старіння рослин – зменшувався, і у фазі воскової стиглості становив 13,7–14,6 %.

Використання зеленої маси амаранту (20–39 %) для приготування комбінованого силосу забезпечило одержання доброякісного корму, з добрими смаковими якостями, оптимальним співвідношенням органічних кислот за відсутності масляної кислоти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія / Т. І. Гопцій та ін. Харків: ХНАУ, 2018. 362 с.

2. Protein Quality of Amaranth Grains Cultivated in Ethiopia as Affected by Popping and Fermentation / E. Amare et al. Food and Nutrition Sciences, 2015. 6. P. 38–48. DOI:10.4236/ fns.2015.61005.

3. Nutritional content and antioxidant properties of selected species of *Amaranthus L.* / W. Biel et al. Italian Journal of Food Science. 2017. Vol. 29. P. 728–740. DOI:10.14674/IJFS-712

4. Гудим О. В., Гопцій Т. І. Вплив передпосівної обробки насіння амаранту гамма-променями на частоту виникнення мітотичних порушень в кореневій меристемі рослин. Селекція і насінництво. 2016. Вип. 109. С. 119–123. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2016_ 109_12

5. Topwal M. Review on Amaranth: Nutraceutical and Virtual Plant for Providing Food Security and Nutrients. Acta scientific agriculture. 2019. Isssue 1. P. 9–15. URL:https://actascientific.com/ASAG/pdf/ASAG-03-0285.pdf.

6. Дудка М. І. Порівняльна урожайність одновидових і сумісних пізніх ярих агрофітоценозів з амарантом при вирощуванні на зелений корм в північному Степу. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. № 6. С. 57–60. URL:https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/12/ ilovepdf_merged.pdf.

7. Nutritional Composition of Six Amaranth (*Amaranthus caudatus*) Andean Varieties / M.-L. Jenny. 2023. 3(1). P. 78–87. DOI:10.3390/crops3010008.

8. Карташов М. І. Якість амарантового силосу та ефективність його використання у раціонах сільськогосподарських тварин. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини. Харків, 1999. Випуск 5 (29). Частина 1. с.-г. науки. С. 162–167.

9. Буяльська Н. П., Литвиненко О. О., Денисова Н. М. Використання продуктів переробки амаранту у виробництві хлібобулочних виробів. Технічні науки та технології. 2020. 3 (17). С. 226–223. URL:http://tst.stu.cn.ua/article/ view/199470\.

10. Srivastava S., Sreerama Y. N., Dharmaraj U. Effect of processing on squalene content of grain amaranth fractions. J. Cereal Sci. 2021. 100. 103218 p. URL:https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073352102100059X?via%3Dihub.

11. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements / A.C. Nascimento et al. Food Chemistry. 2014. 148. P. 420–426. DOI:10.1016/j. foodchem.2013.09.155.

12. He H. P., Cai Y., Sun M., Corke H. Extraction and purification of squalene from Amaranthus grain. J Agric Food Chem. 2002. 50(2). P. 368–372. DOI:10.1021/jf010918p.

13. Пундик В. П., Царик З. О. Використання зерна амаранту в пристартовому комбікормі для поросят-сисунів. Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі: матеріали Першої Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 78–79.

14. Квітко Г. П., Гетьман М. Я. Ефективність вирощування багатокомпонентних сумішок однорічних культур в системі зеленого конвеєра Центрального Лісостепу. Корми і кормовиробництво. 2001. Вип. 47. С. 155–156.

15. Ковбасюк П. Амарант в інтенсифікації кормовиробництва. Пропозиція. 2002. № 10 С. 38–39.

16. ДСТУ ISO 6497:2005. Корми для тварин. Методи відбору проб (ISO 6497:2002, ІДТ). [Чинний від 2008-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 14 с. (Національні стандарти України).

17. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Amaranth (*Amaranthus caudatus*) during Plant Growth / M. Karamać et al. Antioxidants. 2019. Vol. 8. Issue 6. DOI:10.3390/antiox8060173.

18. Кулик М. Ф., Петриченко В. Ф., Засуха Т. В. Нові консерванти і технології кормів. Вінниця, 2004. С. 182–194.

19. Медведовський О. Н., Ярошенко С. І. Технологія сумісного вирощування кукурудзи та амаранту на силос. Аграрна наука – виробництву. 2000. № 4. 16 с. URL:https://institut-zerna.com/ library/ pdf6/13.pdf

20. Кононенко В. К., Ібатулін І. І., Патров В. С. Практикум з наукових досліджень у тваринництві. К., 2003. 133 с.

21. Кліценко Г. Т., Кулик М. Ф., Косенко М. В., Лісовенко В. Т. Мінеральне живлення свиней. Ефективне тваринництво. 2015. № 8. С. 35–39.

22. Циганок А. В. Витрати енергоресурсів при виробництві та використанні амарантового силосу у раціонах свиней. Науково – технічний бюллетень. Харків, 2000. С. 86–88.

23. Кучер М. С. Роль клітковини в годівлі сільськогосподарських тварин. Сільський господар. 2007. № 5–6. С. 17–18.

24. Mustafa A. F., Seguin P., Gelinas B. (2011) Chemical composition, dietary fibre, tannins and minerals of grain amaranth genotypes. Int J Food Sci Nutr. 2011. 62(7). P. 750–754. DOI:10.3109/ 09637486.2011.575770.

25. Щербаков В. Я., Яковенко Т. М., Когут С. Г. Вирощувати амарант – економічно вигідно. Пропозиція. 2003. № 3. С. 34–35.

26. Dyachenko L. S. Natural detoxicants in pig rations and their impact on productivity and quality of slaughter products. / L.S. Dyachenko et al. Ukrainian Journal of Ecology. 2017. 7 (2). P. 239–246. DOI:10.15421/2017_42.

27. Amaranthus caudatus Production and Nutrition Contents for Food Security and Healthy Living in Menit Shasha, Menit Goldya and Maji Districts of Bench Maji Zone, South Western Ethiopia / G. Mekonnen et al. Nutrition & Food Science International Journal. 2018. Vol. 7. Issue 3. URL:https://juniperpublishers. com/nfsij/NFSIJ.MS.ID.555712.php.

28. Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth / M. Soriano-García et al. J Anal Pharm Res. 2018. 7(5). P. 596–600. DOI:10.15406/ japlr.2018.07.00288.

29. Kaur S., Singh N., Rana J.C. Amaranthus hypochondriacus and Amaranthus caudatus germplasm: Characteristics of plants, grain and flours. Food Chemistry. 2010. 123(4). P. 1227–1234. URL:https:// www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103262556

30. Characterization of Seed Oil from Six In Situ Collected Wild Amaranthus Species / A. N. Hussain et al. Diversity. 2023. 15. 237 p. DOI:10.3390/ d15020237

REFERENCES

1. Hoptsii, T. I., Voronkov, M. F., Bobro, M. A., Miroshnychenko, L. O., Lymanska, S. V., Hudym, O. V., Hudkovska, N. B., Duda, Yu. V. (2018). Amarant: selektsiia, henetyka ta perspektyvy vyroshchuvannia: monohrafiia [Amaranth: breeding, genetics and growing prospects: a monograph]. Kharkiv: KhNAU, 362 p.

2. Amare, E., Mouquet-Rivier, C., Servent, A., Morel, G., Adish, A., Haki, G. (2015). Protein Quality of Amaranth Grains Cultivated in Ethiopia as Affected by Popping and Fermentation. Food and Nutrition Sciences, 6, pp. 38–48. DOI:10.4236/fns.2015.61005.

3. Nutritional content and antioxidant properties of selected species of *Amaranthus L.* / W. Biel et al. Italian Journal of Food Science, 2017, vol. 29, pp. 728–740. DOI:10.14674/IJFS-712.

4. Hudym, O. V., Hoptsii, T. I. (2016). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia amarantu hammapromeniamy na chastotu vynyknennia mitotychnykh porushen v korenevii merystemi roslyn [The effect of pre-sowing treatment of amaranth seeds with gamma rays on the frequency of mitotic disorders in the root meristem of plants]. Selektsiia i nasinnytstvo [Breeding and seed production], issue 109, pp. 119–123. Available at:http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2016_109_12.

5. Topwal, M. (2019). Review on Amaranth: Nutraceutical and Virtual Plant for Providing Food Security and Nutrients. Acta scientific agriculture, issue 1, pp. 9–15. Available at:https:// actascientific. com/ASAG/pdf/ASAG-03-0285.pdf.

6. Dudka, M. I. (2014). Porivnialna urozhainist odnovydovykh i sumisnykh piznikh yarykh ahrofitotsenoziv z amarantom pry vyroshchuvanni na zelenyi korm v pivnichnomu Stepu [Comparative productivity of single-species and compatible late spring agrophytocenoses with amaranth when grown

for green fodder in the northern Steppe]. Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy [Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Dnipropetrovsk: New Ideology, no. 6, pp. 57–60. Available at:https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/12/ilovepdf_merged.pdf.

7. Jenny, M.-L., Sander, J. P., Bergenståh, B., Purhagen, J., Cinthia, C. R. (2023). Nutritional Composition of Six Amaranth (Amaranthus caudatus) Andean Varieties. 3(1), pp. 78–87. DOI:10. 3390/ crops3010008.

8. Kartashov, M. I. (1999). Yakist amarantovoho sylosu ta efektyvnist yoho vykorystannia u ratsionakh silskohospodarskykh tvaryn [The quality of amaranth silage and the efficiency of its use in the rations of farm animals]. Problemy zooinzhenerii ta veterynarnoi medytsyny [Problems of animal engineering and veterinary medicine]. Kharkiv, issue 5 (29), part 1, pp. 162–167.

9. Buialska, N. P., Lytvynenko, O. O., Denysova, N. M. (2020). Vykorystannia produktiv pererobky amarantu u vyrobnytstvi khlibobulochnykh vyrobiv [Use of amaranth processing products in the production of bakery products]. Tekhnichni nauky ta tekhnolohii [Technical sciences and technologies], issue (3(17), pp. 226–223. Available at:http://tst.stu.cn.ua/article/view/199470\.

10. Srivastava, S., Sreerama, Y. N., Dharmaraj, U. (2021). Effect of processing on squalene content of grain amaranth fractions. J. Cereal Sci., 100, 103218 p. Available at: https://www. sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073352102100059X?via%3Dihub.

11. Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. Food Chemistry, 148, pp. 420–426. DOI:10.1016/j. foodchem.2013.09.155.

12. He, H.P., Cai, Y., Sun, M., Corke, H. (2002). Extraction and purification of squalene from Amaranthus grain. J Agric Food Chem, 50(2), pp. 368–372. DOI:10.1021/jf010918p.

13. Pundyk, V. P., Tsaryk, Z. O. (1995). Vykorystannia zerna amarantu v prystartovomu kombikormi dlia porosiat-sysuniv [The use of amaranth grain in starter compound feed for suckling piglets]. Problemy vyroshchuvannia, pererobky i vykorystannia amarantu na kormovi, kharchovi i inshi tsili [Problems of cultivation, processing and use of amaranth for fodder, food and other purposes]. Proceedings of the First All-Ukrainian Congress. science and practice conf. Vinnytsia, pp. 78–79.

14. Kvitko, H. P., Hetman, M. Ya. (2001). Efektyvnist vyroshchuvannia bahatokomponentnykh sumishok odnorichnykh kultur v systemi zelenoho konveiera Tsenralnoho Lisostepu [The efficiency of growing multicomponent mixtures of annual crops in the green conveyor system of the Central Forest Steppe]. Kormy i kormovyrobnytstvo [Fodder and fodder production], issue 47, pp. 155–156.

15. Kovbasiuk, P. (2002). Amarant v intensyfikatsii kormovyrobnytstva [Amaranth in the intensification of fodder production]. Propozytsiia [Proposal], no. 10, pp. 38–39.

16. DSTU ISO 6497:2005. Kormy dlja tvaryn. Metody vidboru prob (ISO 6497:2002, IDT) [Chynnyj vid 2008-01-01] [DSTU ISO 6497:2005. Fodder for animals. Sampling methods (ISO 6497:2002, IDT). [Effective from 2008-01-01]]. K.: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2008, 14 p. (National standards of Ukraine).

17. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Amaranth (*Amaranthus caudatus*) during Plant Growth / M. Karamać et al. Antioxidants, 2019, vol. 8, Issue 6. DOI:10.3390/antiox8060173.

18. Kulyk, M.F., Petrychenko, V.F., Zasukha, T.V. (2004). Novi konservanty i tekhnolohii kormiv [New preservatives and feed technologies]. Vinnytsia, pp. 182–194.

19. Medvedovskyi, O. N., Yaroshenko, S. I. (2000). Tekhnolohiia sumisnoho vyroshchuvannia kukurudzy ta amarantu na sylos [Technology of simultaneous cultivation of corn and amaranth on silage]. Ahrarna nauka – vyrobnytstvu [Agrarian science - production], no. 4, 16 p. Available at:https: // institut-zerna.com/library/pdf6/13.pdf.

20. Kononenko V. K., Ibatulin I. I., Patrov V. S. (2003) Praktikum z naukovih doslidzhen u tvarinnictvi [Workshop on Scientific Research in Animal Husbandry]. Kyiv, 133 p.

21. Klicenko, G. T., Kulik, M. F., Kosenko, M. V., Lisovenko, V. T. (2015). Mineralne zhivlennja svinej [Mineral feeding of pigs] Efektivne tvarinnictvo [Effective animal husbandry], no. 8, pp. 35–39.

22 Tsyhanok, A.V. (2000). Vytraty enerhoresursiv pry vyrobnytstvi ta vykorystanni amarantovoho sylosu u ratsionakh svynei [Consumption of energy resources in the production and use of amaranth silage in pig diets]. Naukovo – tekhnichnyi biulleten [Scientific and technical bulletin]. Kharkiv, pp. 86–88.

23. Kucher, M. S. (2007). Rol klitkovyny v hodivli silskohospodarskykh tvaryn [The role of fiber in feeding farm animals]. Silskyi hospodar [Village owner], no. 5–6, pp. 17–18.

24. Mustafa, A.F., Seguin, P., Gelinas, B. (2011). Chemical composition, dietary fibre, tannins and minerals of grain amaranth genotypes. Int J Food Sci Nutr, 62 (7), pp. 750–754. DOI:10.3109/ 09637486.2011.575770.

25. Shcherbakov, V. Ya., Yakovenko, T. M., Kohut S. H. (2003). Vyroshchuvaty amarant – ekonomichno vyhidno [It is economically profitable to grow amaranth]. Propozytsiia [Proposal], no. 3, pp. 34–35.

26. Dyachenko, L. S., Syvyc, T. L., Tytariova, O. M., Kuzmenko, O. A., Bilkevich, V. V. (2017). Natural detoxicants in pig rations and their impact on productivity and quality of slaughter products. Ukrainian Journal of Ecology, 7 (2), pp. 239–246. DOI:10.15421/2017_42.

27. Mekonnen, G. (2018). Amaranthus saudatus Production and Nutrition Contents for Food Security and Healthy Living in Menit Shasha, Menit Goldya and Maji Districts of Bench Maji Zone, South Western Ethiopia. Nutrition & Food Scienc International Journal, Vol. 7, Issue 3. Available at: https://juniperpublishers.com/nfsij/NFSIJ.MS.ID.555712.php.

28. Soriano-García, M., Arias-Olguín, I. I., Montes, J. P. C. (2018). Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth. J Anal Pharm Res, 7(5), pp. 596–600. DOI:10.15406/ japlr.2018.07.00288.

29. Kaur, S., Singh, N., Rana, J. C. (2010). Amaranthus hypochondriacus and Amaranthus caudatus germplasm: Characteristics of plants, grain and flours. Food Chemistry, 123 (4), pp. 1227–1234. Available at:https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103262556.

30. Hussain, A. N., Geuens, J., Vermoesen, A., Munir, M., Iamonico, D., Marzio, P. D., Fortini, P. (2023). Characterization of Seed Oil from Six In Situ Collected Wild Amaranthus Species. Diversity, 15, 237 p. DOI:10.3390/d15020237.

Biological value of green amaranth mass and its use in composition of combined silos for young pigs

Kryvyi M., Horchanok A., Kuzmenko O., Vasyliev R., Dikhtyar O.

Every year in Ukraine and around the world, the demand for grain products increases, which leads to increased competition between humans and animals. The increase in global grain prices makes livestock production more expensive and less profitable. In turn, the change in natural climatic conditions, the shortage of energy resources prompts scientists to search for fodder crops that would be high-yielding, cheap, biologically complete, ecologically clean, able to effectively influence the productivity of animals and replace part of grain fodder. Today, the climatic conditions of the Polissia region, selection and advanced technologies ensure the growth of the cultivation of rare fodder crops. In addition, there is growing interest in introduced plants and the introduction process itself. These are high-yielding plants with a high content of biologically complete protein, capable of forming powerful biomass in a short growing season and being resistant to adverse environmental factors.

Studying the results of research on the use of non-traditional crops, which include the amaranth family (Amaranthus L), in our opinion, the issue of finding scientifically based types of pig feeding using cheap and highly nutritious juicy fodder is of great importance.

In order to realize this goal, the following tasks were set: to investigate the phenological parameters, yield and chemical composition of the green mass of amaranth according to the phases of growth and development; develop silage recipes and determine the optimal amount of amaranth green mass in the composition of combined silages for fattening young pigs. When developing recipes for combined silages, we followed the following requirements: combined silage should have a high energy value of about 4 MJ in one kilogram of feed; the content of digestible protein per feed unit is 80-100 g and the optimal amount of organic acids.

It was established that the maximum yield of amaranth green mass (245.5 t/ha) and the yield of dry matter (62.5 t/ha) was obtained in the phase of wax maturity. It is advisable to include 20-26% of the green mass of amaranth in the composition of combined silos in the conditions of the Polissia of Ukraine and feed it to pigs for fattening from 55% to 75% in terms of total nutrition.

Key words: pigs, green mass, productivity, nutrients, feeding.

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

ORCID iD:
Кривий М.М. https://orcid.org/0000-0001-9428-0645
Горчанок А.В. https://orcid.org/0000-0003-0103-1477
Кузьменко О.А. https://orcid.org/0000-0003-4553-9950
Васільєв Р.О. https://orcid.org/0000-0002-1032-9972
Діхтяр О.О. https://orcid.org/0000-0001-6947-1431

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 638.124.428.144.54

Вплив ізоляції бджолиної матки на її репродуктивну здатність та медову продуктивність бджолиної сім'ї

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

OPEN ACCESS

Міщенко О.А., Литвиненко О.М., Боднарчук Г.Л., Романенко Л.І., Афара К.Д., Криворучко Д.І. Вплив ізоляції бджолиної матки на її репродуктивну здатність та медову продуктивність бджолиної сім'ї. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 67–73.

Mishchenko O., Lytvynenko O., Bodnarchuk G., Romanenko L., Afara K., Kryvoruchko D. The influence of the isolation of queen bee on its reproductive capacity and honey productivity of bees. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 67–73.

Рукопис отримано: 22.02.2023 р.
Прийнято: 08.03.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-67-73

Технологічний прийом ізоляції бджолиних маток полягає у більш ефективному використанні потенціалу робочих бджіл, продовженні тривалості їхнього життя, отриманні сильних льотних бджіл, а також збільшенні збору меду. Дослідження оптимальних строків ізоляції бджолиних маток, їх репродуктивної діяльності, особливостей біологічних зв'язків між фізіологічним станом бджіл та збором вуглеводного корму у мінливих природно-кліматичних умовах становить певний практичний і науковий інтерес.

У представленій роботі наведено дані експериментальних досліджень щодо впливу ізоляції бджолиних маток на їх репродуктивну здатність та медову продуктивність бджолиної сім'ї.

Мета роботи – дослідження репродуктивної функції ізольованих бджолиних маток шляхом обліку розплоду упродовж пасічницького сезону.

Методи дослідження. Зоотехнічні (підбір груп аналогів, облік росту, сила бджолиної сім'ї), аналітичні (аналіз даних літератури й результатів досліджень) та статистичні (біометрична обробка експериментальних даних). Біометричну обробку даних здійснювали на ПК за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій.

Результати. Бджолині матки дослідних груп після ізоляції характеризувались невисокою яйценосністю та розпочали відкладати яйця одразу після їх звільнення з кліточок-ізоляторів. З кінця червня та до кінця липня бджолині матки всіх груп поступово збільшували відкладання яєць і до кінця обліків зменшили свою репродуктивну діяльність. Така поведінка бджолиних маток найперше пов'язана з періодом сезону.

Отже, у ході дослідження встановлено, що ізоляція не вплинула на фізіологічні зміни в статевій системі бджолиних маток та надалі – на силу бджолиних сімей.

Висновки. Експериментально доведено, що можна успішно використовувати технологічний прийом ізоляції бджолиних маток на період медозбору до 20 діб.

Крім того, застосування такого технологічного прийому, як ізоляція бджолиних маток на період медозбору, дала можливість підвищити продуктивність бджолиних сімей.

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

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Важливого значення у бджільництві набуває питання управління факторами, які впливають на продуктивність та життєздатність бджолиної сім'ї, аби за мінімальних затрат отримати від бджіл максимум продукції й водночас не порушити біологічний стан сім'ї. Основні фактори, що визначають життя сім'ї бджіл – це природно-кліматичні та антропогенні впливи. Ще одна група чинників пов'язана безпосередньо з життєдіяльністю власне бджолиної сім'ї як цілісної одиниці: сила сім'ї, її віковий склад і якість матки, наявність розплоду, якість і кількість стільників, корми, мікроклімат гнізда. Дослідженнями цих проблем займалися науковці І. В. Москалюк, М. М. Скакун, Ю. В. Ковальські, Л. Н. Ковальська та інші [1, 2, 3, 4].

Для одержання великих медозборів недостатньо наростити сильні бджолині сім'ї, необхідно ще зберегти бджіл у робочому стані. Але коли в гніздах бджолиних сімей відкритий розплід займає велику площу, він відволікає бджіл від принесення нектару, а догляд за розплодом скорочує тривалість життя бджіл [5, 6].

Бджолина сім'я, яка позбавлена своєї матки, використовує медозбір з меншою енергією, і тому доцільніше не відбирати маток, а лише обмежувати їх яйцевідкладання. В такому випадку сім'я матиме плідну бджолину матку, що необхідно для нормального стану, водночас у сім'ї зменшується площа відкритого розплоду. Варто також зазначити, що відбір бджолиної матки від бджолиних сімей у ройовому стані перед початком медозбору спричиняє роїння або бездіяльність бджіл. Це одна з причин, яка змусила нас відмовитися від відбору бджолиних маток перед медозбором, щоб не порушувати біологічного ритму бджолиної сім'ї [7, 8, 9].

Для бджільництва важливе значення має репродуктивна активність бджолиних маток. Це важливо для збереження бджолиної сім'ї а також для ефективної реалізації господарсько-корисних ознак робочих медоносних бджіл. Обмеження яйценосності маток у бджолиних сім'ях порівняно невеликої сили сприяє збільшенню збору меду. Однак найкращі результати дають бджолині сім'ї, у яких маток не відбирають, а розміщають у кліточки-ізолятори, і при цьому в сім'ях вирощується невелика кількість розплоду. Це дасть можливість створити резерв бджіл, які будуть заготовляти корми, а не доглядати розплід [10, 11, 12]. Бджоли постійно доглядають і годують бджолину матку, і чим більше її годують, тим більшу кількість яєць вона відкладає. Коли ж принесення нектару до бджолиної сім'ї різко збільшується, бджоли зменшують годування матки і, відповідно, зменшується її яйцекладка. Коли бджоли приносять мало нектару, збільшується яйцекладка і кількість розплоду. Саме за таких обставин є необхідність ізолювати маток. Суть ізоляції маток полягає в тому, щоб від бджолиної сім'ї, де застосовувався прийом ізоляції, бджоляр міг отримати не менш, як 70 кг меду.

Загальновідомо, що ізоляція бджолиних маток – це прийом, запозичений у бджіл, і полягає в позбавленні матки можливості відкладати яйця у певні періоди життєдіяльності бджолиної сім'ї. Технологічний прийом ізоляції маток полягає у більш ефективному використанні потенціалу робочих бджіл, продовженні тривалості їхнього життя, отриманні сильних льотних бджіл та значному збільшенні збору меду.

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

Дослідження оптимальних строків ізоляції бджолиних маток, їх репродуктивної діяльності, особливостей біологічних зв'язків між фізіологічним станом бджіл та збором вуглеводного корму в сучасних мінливих природно-кліматичних умовах становить певний практичний і науковий інтерес, є актуальним завданням.

Мета дослідження: репродуктивна функція ізольованих бджолиних маток шляхом обліку розплоду упродовж весняно-літнього періоду.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження виконано в умовах товарної пасіки з виробництва меду в Київській області у 2022 році. Упродовж досліду визначали ефективність використання бджолами медозбору з акації білої *Robinia pseudoacacia L.* у зоні їх продуктивного льоту. За початок масового цвітіння акації білої приймали той момент, коли розпуститься приблизно 1/4 усіх наявних квіток. Зважаючи на складність підрахунку квіток на цілому дереві, для визначення моменту початку повного цвітіння користувалися підрахунком квіток на контрольних гілках. За кінець масового цвітіння приймали такий стан, коли на його основних гілках першого й другого порядку залишиться не більш, як 25 % усіх квіток.

Бджолині сім'ї відповідали вимогам стандарту української степової породи (*Apis mellifera sossimai*), що було підтверджено результатами оцінювання екстер'єру [13, 14].

Догляд за бджолиними сім'ями дослідних груп проводили однаково, згідно з загальноприйнятими методиками [15]. Утримувались

бджолині сім'ї у корпусних вуликах на 8 стандартних рамках (розмір рамки 435х300мм) з надставками під рамку 435х145 см.

Дослідження проводили згідно з положеннями «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним Конгресом з біоетики [16] та «Європейської конвенції про захист домашніх тварин», що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей [17].

Сформовано чотири групи бджолиних сімей по 3 сім'ї в групі: контрольна і 3 дослідні. Для оцінювання медозбірних умов використали бджолину сім'ю середньої сили, вулик з якою розміщували на контрольних вагах ВШП-150. Протягом усього періоду квітування щодня ввечері контрольну бджолину сім'ю зважували. За різницею значень визначали кількість принесеного корму за день.

І дослідна група бджолиних сімей: за 10 днів до початку медозбору з акації білої бджолині матки ізолювали в кліточки-ізолятори. По завершенню надходження нектару бджолиних маток звільняли.

ІІ дослідна група: за 5 днів до початку медозбору ізолювали бджолині матки в кліточки-ізолятори, випустили з кліточок після завершення медозбору з акації білої.

ІІІ дослідна група: з початком медозбору з акації білої бджолиних маток ізолювали, випустили після завершення медозбору з акації білої.

Репродуктивну здатність бджолиних маток до та після ізоляції визначали за показниками площі запечатаного розплоду, розмір якого поновлюється в гнізді, згідно з тривалістю індивідуального розвитку бджіл в стадії лялечки.

Медопродуктивність бджолиних сімей встановлювали за товарним виходом меду. Технологія одержання товарного меду передбачала відбір із бджолиних гнізд кожної бджолиної сім'ї контрольної й дослідних груп стільників з медом, запечатаних восковими кришками (не менше 70 %), і потім зважування їх за допомогою терезів, розпечатування стільників, відкачування на центрифузі, проціджування, відстоювання. При цьому зважували стільники перед відкачуванням меду і після нього. Різниця вказувала на кількість товарного меду. Оцінювання медпродуктивності проводили, базуючись на власних можливостях бджолиних сімей, тобто додавання чи відбір стільників з кормом, бджолами чи розплодом у дослідних сімей не здійснювали. Загальну кількість відкачаного меду від бджолиних сімей визначали зважуванням наповнених продуктом пластмасових відер на вагах ВШП-150.

Статистичну обробку одержаних цифрових даних проводили за допомогою програми MS Excel. Статистичну значущість перевіряли за допомогою t-критерію Стьюдента. Результати середніх значень вважали статистично вірогідними за $p<0,05$.

Результати дослідження. Якість бджолиних маток переважно оцінюють за таким показником, як кількість вирощеного розплоду. Для встановлення репродуктивної функції ізольованих бджолиних маток було проведено дослід з визначення ритмічного відтворення вирощування розплоду бджолиними сім'ями після ізоляції бджолиних маток. Нас цікавило, чи існує різниця в яйцекладці ізольованих бджолиних маток і маток контрольної групи бджолиних сімей.

14 червня, після медозбору з акації білої, бджолиних маток усіх дослідних груп було звільнено з ізоляторів. У І-й дослідній групі бджолиних сімей тривалість ізоляції бджолиних маток становила 20 діб, у ІІ-й дослідній групі – 15 діб і в ІІІ-й дослідній групі – 10 діб. Період обмеження репродуктивної діяльності бджолиних маток по різному вплинув на кількість розплоду.

Так, за результатами обліку, станом на 14 червня у І-й дослідній групі розплід був майже відсутній – 0,5±0,3 квадратів (табл. 1), проте бджолині сім'ї мали велику кількість робочих бджіл для виховання розплоду. Бджолині сім'ї ІІ-ої та ІІІ-ої дослідних груп мали приблизно однакову кількість розплоду – 104,7±15,5 і 108,7±6,9 квадратів.

Установлено, що бджолині матки дослідних груп після ізоляції характеризувались невисокою яйценосністю. Як видно з даних таблиці, за станом на 26 червня, ізольовані бджолині матки дослідних груп розпочали відкладати яйця одразу після їх звільнення із кліточок-ізоляторів, про що свідчить наявність розплоду. Починаючи з 8 липня і до завершення пасічницького сезону, суттєвих розбіжностей між звільненими з ізоляції бджолиних маток і маток контрольної групи сімей за репродуктивною діяльністю не спостерігали. В окремі періоди різниця за датами обліку між групами становила в середньому від 10 до 15 квадратів розплоду.

Динаміка відкладання матками яєць в дослідних групах сімей характеризувались кривою (рис. 1).

Отже, після ізоляції бджолиних маток вони були повністю позбавлені здатності відкладати яйця, а вже з кінця червня і до кінця липня бджолині матки всіх груп поступово збільшували відкладання яєць та до кінця обліків

зменшили свою репродуктивну діяльність. Така поведінка бджолиних маток насамперед пов'язана з періодом сезону, а не їх ізоляцією, адже в другій половині літа матки поступово скорочують яйцекладку. У другій половині серпня, тобто після завершення медозбору, репродуктивна діяльність бджолиних маток всіх груп зменшилась, і до кінця місяця кількість розплоду не перевищувала 50 квадратів.

Варто також зазначити, що в процесі проведення обліків печатного розплоду у гніздах бджолиних сімей дослідних груп різниці за якістю засіву не встановлено. Бджолині матки відкладали яйця, не пропускаючи комірки.

Якщо проаналізувати медову продуктивність бджолиних сімей дослідних груп (табл. 2) то можна помітити, що обмеження яйцекладки бджолиних маток суттєво вплинуло на медпродуктивність сімей І-ої групи, бджолині матки яких ізольовані в кліточки-ізолятори за 10 днів до початку медозбору. Товарний вихід меду І дослідної групи склав 19,6 кг товарного меду, що на 45,7 % більше, порівняно з контрольною групою сімей.

Таблиця 1 – **Динаміка вирощування розплоду до та після ізоляції бджолиних маток, квадратів**

дата	контроль	І дослідна група	ІІ дослідна група	ІІІ дослідна група
7.05	152,7±22,2	157,0±21,2	158,0±22,3	165,7±24,6
19.05	180,0±20,3	187,3±18,8	191,0±15,7	181,7±15,1
14.06	201,7±13,8	0,5±0,3*	104,7±15,5*	108,7±6,9*
26.06	200,0±16,7	14,8±5,34	18,0±5,4*	49,3±10,6*
08.07	228,7±12,0	177,7±16,1*	208,7±6,3	205,3±11,1
20.07.	188,3±11,2	205,3±10,6	182,3±10,3	185,7±9,9
1.08	132,7±13,2	139,7±8,9	150,3±6,5	141,0±9,0
13.08	101,2±14,7	105,0±12,5	94,7±15,2	97,7±13,9
25.08	45,3±8,1	50,0±12,1	51,7±9,7	48,0±11,3
6.09	82,3±14,3	72,0±11,1	84,7±16,4	89,0±13,7

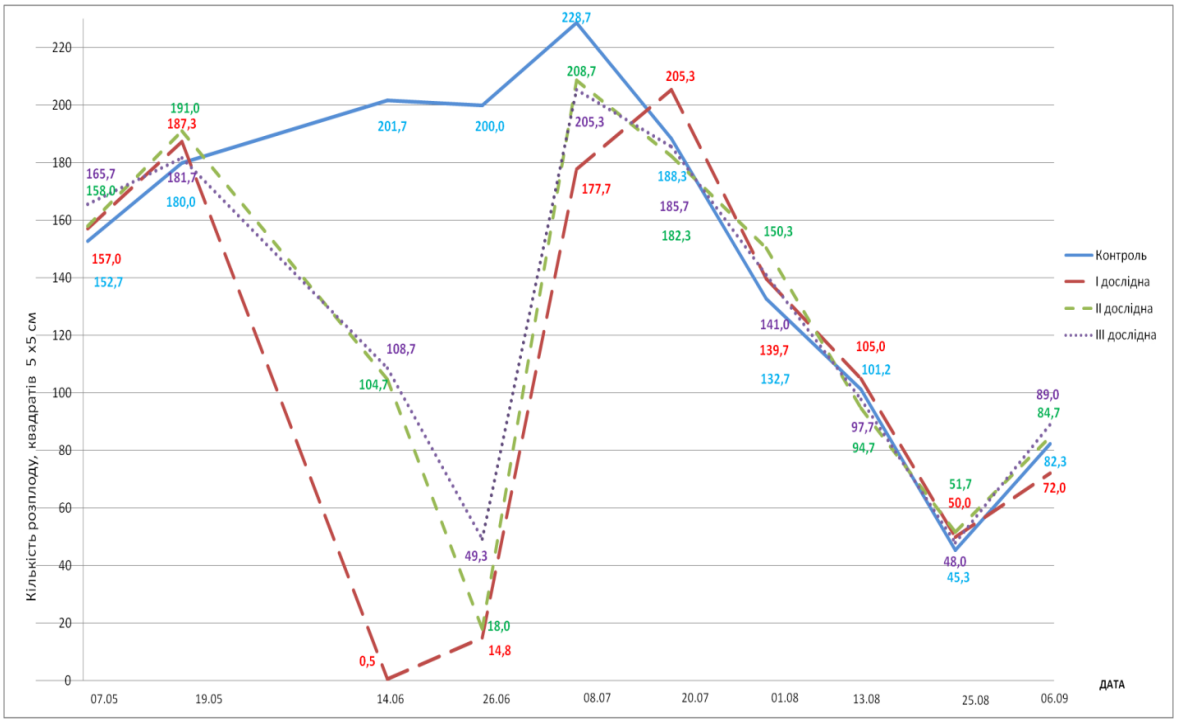


Рис. 1. **Репродуктивна функція ізольованих бджолиних маток.**

Таблиця 2 – **Медова продуктивність бджолиних сімей залежно від строків ізоляції бджолиних маток, кг**

Показник	Контроль	I дослідна група	II дослідна група	III дослідна група
Товарний вихід меду	13,4±0,2	19,6±0,4*	15,5±0,8	14,5±0,6

Умови та хід експерименту дозволяють висунути гіпотезу, що у групі бджолиних сімей, де бджолиних маток ізолювали за 5 днів до медозбору, медпродуктивність була більшою на 11,5 % і становила 15,5 кг меду. У групі бджолиних сімей, де бджолиних маток ізолювали перед настанням медозбору, показник медпродуктивності становив 14,5 кг меду, що більше на 8,0 %, ніж в контрольній групі бджолиних сімей. Цей варіант ізоляції характеризується мінімальною тривалістю періоду перехідних процесів у бджолиних сім'ях.

Висновки. У результаті наукового дослідження – порівняння бджолиних маток контрольної групи сімей і бджолиних маток, що були ізольовані на різні терміни (від 10 до 20 діб), встановлено, що ізоляція не вплинула на фізіологічні зміни в їх статевій системі та в подальшому – на силу бджолиних сімей під час входження їх в період гіпобіозу. Це дає підстави вважати, що можна успішно використовувати технологічний прийом ізоляції бджолиних маток на період до 20 діб. Водночас дослідження щодо репродуктивної діяльності ізольованих маток нами заплановано продовжити, оскільки є потреба у вивченні їх продуктивності з віком.

Доведено, що використання такого технологічного прийому як ізоляція бджолиних маток на період медозбору дає можливість підвищити продуктивність бджолиних сімей від 8,0 % до 45,7 %, залежно від строків ізоляції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Москалюк І. В., Сакун М. М., Хамід К. О. Аналіз стану галузі бджільництва України, особливості організації охорони праці та удосконалення правил безпеки з бджолами. Science Rise, 2018. 4. С. 10–13. DOI:10.15587/2313-8416.2018.129317.

2. Ковальский Ю. В., Ковальская Л. Н. Особенности разведения карпатских пчел. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького. 2016. 18 (1-3 (65)), С. 60–64.

3. Kryvda M. Development of apiculture in the Zhytomyr region. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences. 2018. 20 (83). P. 208–211. DOI:10.15421/nvlvet8340.

4. On-Line Preconcentration System for Cobalt Determination in Bee Honey Using Flow Injection-Flame AAS, Instrumentation Science & Technology / S. Cerutti et al. 2004. 32 (4). P. 401–412. DOI:10.1081/CI-120037672.

5. Cobalt chloride induces metaphase when topically applied to larvae and pupae of the stingless bee Melipona scutellaris (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) / C. Ueira-Vieira et al. Genetics and Molecular Research, 2013. 12 (2). P. 2032–2037. DOI:10.4238/2013.February.6.1.

6. Pashchenko A., Kovalchuk I., Fedoruk R. Mineral composition of the organism tissues and honeycombs of melliferous bees under the conditions of feeding them soybean flour and citrates of Cobalt and Nickel. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences. 2019. 21 (93). P. 60–64. DOI:10.32718/nvlvet9311.

7. Поліщук В. П., Іванова В. Д., Таран С. І. Яйценосність бджолиних маток української породи в умовах Степової зони. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України: зб. наук. пр. К.: НУБіП України, 2010. Вип. 145. С. 228–235.

8. Abou-Saara H. F. Effects of Various Sugar Feeding Choices on Survival and Tolerance of Honey Bee Workers to Low Temperatures. Entomology. 2017. 1. 7 p. DOI:10.4081/jear.2017.6200.

9. Разанов С. Ф., Недашківський В. М., Мельник В. О. Ефективність білкової підгодівлі бджолиних сімей за нарощування їх сили до запилення озимого ріпаку. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: зб. наук. праць. Біла Церква, 2020. Вип. 1 (156). С. 105–110. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-105-110.

10. Разанов С. Ф., Недашківський В. М., Вергеліс В. І. Вплив температурних параметрів і тривалості цвітіння ріпаку озимого на продуктивність бджолиних сімей. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: зб. наук. праць. Біла Церква, 2020. Вип. 2. С. 97–102. DOI:10.33245/2310-9270-2020-158-2-98-103.

11. Удосконалення технології утримання бджолиних сімей: зб. наук. праць Житомирського національного агроекологічного університету / Д.В. Лісогурська та ін. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2018. Вип. 8. С. 33–36.

12. Requier F., Jowanowitsch K., Kallnik K., Ingolf S.D. Limitation of complementary resources affects colony growth, foraging behavior, and reproduction in bumble bees. Ecology. 2019. 101 p. DOI:10.1002/ecy.2946.

13. Baird E., Tichit P., Guiraud M. The neuroecology of bee flight behaviours. Current Opinion in Insect Science. 2020. 42 p. DOI:10.1016/j.cois.2020.07.005.

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

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

16. Броварський В. Д., Бріндза Я., Отченашко В. В. Методика дослідної справи у бджільництві. К.: Видавничий дім «Вінніченко», 2017. 166 с.

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

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

REFERENCES

1. Moskalyuk, I. V., Sakun, M. M., Hamid, K. O. (2018). Analiz stanu galuzi bdzhilnictva Ukraini, osoblivosti organizacii ohoroni praci ta udoskonalennya pravil bezpeki z bdzholami [Analysis of the state of the beekeeping industry in Ukraine, peculiarities of the organization of labor protection and improvement of safety rules with bees]. Science Rise, 4, pp. 10–13. DOI:10.15587/2313-8416.2018.129317.

2. Kovalskij, Yu. V., Kovalskaya, L. N. (2016). Osobennosti razvedeniya karpatskih pchel [Features of breeding Carpathian bees]. Naukovij visnik Lvivskogo nacionalnogo universitetu veterinarnoi medicini ta biotekhnologij imeni S.Z. Gzhickogo [Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhitskyi]. 18 (1-3 (65)), pp. 60–64.

3. Kryvda, M. (2018). Development of apiculture in the Zhytomyr region. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences, 20 (83), pp. 208–211. DOI:10.15421/nvlvet8340.

4. Cerutti, S., Fernandez-Orsi, R., Kaplan, M. (2004) On-Line Preconcentration System for Cobalt Determination in Bee Honey Using Flow Injection-Flame AAS, Instrumentation Science & Technology. 32 (4), pp. 401–412. DOI:10.1081/CI-120037672.

5. Ueira-Vieira, C., Tavares, R.R., Morelli, S. (2013). Cobalt chloride induces metaphase when topically applied to larvae and pupae of the stingless bee Melipona scutellaris (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Genetics and Molecular Research, 12 (2), pp. 2032–2037. DOI:10.4238/2013.Febru ary.6.1.

6. Pashchenko, A., Kovalchuk, I., Fedoruk, R. (2019). Mineral composition of the organism tissues and honeycombs of melliferous bees under the conditions of feeding them soybean flour and citrates of Cobalt and Nickel. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Veterinary Sciences, 21(93), pp. 60–64. DOI:10.32718/nvlvet9311.

7. Polishchuk, V. P., Ivanova, V. D., Taran, S. I. (2010). Yaitsenosnist bdzholynykh matok ukrainskoi porody v umovakh Stepovoi zony [Egg production of bee queens of the Ukrainian breed in the conditions of the Steppe zone]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv ta pryrodokorystuvannia Ukrainy: zb. nauk. pr. [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine: coll. of science works]. K.: NUBiP of Ukraine, issue 145, pp. 228–235.

8. Abou-Saara, H. F. (2017). Effects of Various Sugar Feeding Choices on Survival and Tolerance of Honey Bee Workers to Low Temperatures. Entomology. 1, 7 p. DOI:10.4081/jear. 2017.6200.

9. Razanov, S. F., Nedashkivskyi, V. M., Melnyk, V. O. (2020). Efektyvnist bilkovoi pidhodivli bdzholynykh simei za naroshchuvannia yikh syly do zapylennia ozymoho ripaku [Effectiveness of protein feeding of bee colonies for increasing their strength to pollinate winter rapeseed]. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: zb. nauk. prats. [Technology of production and processing of livestock products: coll. of science works]. Bila Tserkva, issue 1(156), pp. 105–110. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-105-110.

10. Razanov, S. F., Nedashkivskyi, V. M., Verhelis, V. I. (2020). Vplyv temperaturnykh parametriv i tryvalosti tsvitinnia ripaku ozymoho na produktyvnist bdzholynykh simei [The influence of temperature parameters and the duration of flowering of winter rapeseed on the productivity of bee colonies]. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: zb. nauk. prats. [Technology of production and processing of livestock products: coll. of science works]. Bila Tserkva, issue 2, pp. 97–102. DOI:10.33245/2310-9270-2020-158-2-98-103.

11. Lisohurska, D.V., Furman, S.V., Kryvyi, M.M. (2018). Udoskonalennia tekhnolohii utrymannia bdzholynykh simei. Zb. nauk. prats Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu [Improvement of the technology of keeping bee families: coll. of science Proceedings of the Zhytomyr National Agroecological University]. Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva [Technology of production and processing of animal husbandry products], Issue 8, pp. 33–36.

12. Requier, F., Jowanowitsch, K., Kallnik, K., Ingolf, S.D. (2019). Limitation of complementary resources affects colony growth, foraging behavior, and reproduction in bumble bees. Ecology, 101. DOI:10.1002/ecy.2946.

13. Baird, E., Tichit, P., Guiraud, M. (2020). The neuroecology of bee flight behaviours. Current Opinion in Insect Science. 42 p. DOI:10.1016/j.cois.2020.07.005.

14. 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.

15. Ibatullin, I. I., Panasenko, Yu. O., Kononenko, V. K. (2003). Praktykum z hodivli silskohospodarskykh tvaryn [Workshop on feeding agricultural animals]. Kyiv: Higher Education, 432 p.

16. Brovarskyi, V. D., Brindza, Y, Otchenashko, V. V. (2017). Metodyka doslidnoi spravy u bdzhilnytstvi [Methods of research in beekeeping]. K.: Vinnichenko Publishing House, 166 p.

17. 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.

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

The influence of the isolation of queen bee on its reproductive capacity and honey productivity of bees

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

The technological method of isolation of queen bees lies in more reasonable ways of using the potential of working bees, increasing their life expectancy, obtaining strong flying bees and also increasing the honey collection. The study of optimal terms of isolation of queen bees, their reproductive activity, characteristics of biological connections between physiological state of bees and collecting carbohydrate food in varying natural and climatic conditions is of particular practical and scientific interest.

In the presented work the data of experimental studies on influence of isolation of queen bees on their reproductive capacity and honey productivity of the bee colony was provided.

The goal was to study the reproductive function of isolated queen bees by accounting the brood through the beekeeping season.

Methods of research. Zootechnical (selection of groups of analogues, growth accounting, the strength of the bee colony), analytical (analysis of literature data and results of research) and statistical (biometric processing of experimental data). Biometric data processing was performed on a PC using MS Excel software with the use of built-in statistical functions.

Results. After the isolation, the queen bees of the research groups were characterized by low egg-laying capacity and started to lay eggs immediately after their release from isolation cage. From the end of June till the end of July the queen bees of all groups gradually increased egg-laying and by the end of accounting reduced their reproductive activity. This behavior of queen bees is primarily connected with the period of season.

Therefore, the studies found that isolation has not affected the physiological changes in the reproductive system of queen bees and subsequently the strength of the bee colonies.

Conclusions. On the terms of research it has been proven that technological method of isolation of queen bees during the period of honey collection up to 20 days can be successfully applied.

Moreover, the use of such technological method as isolation of queen bees during the period of honey collection makes it possible to increase the productivity of queen bees.

Key words: bee colony, Ukrainian steppe breed, isolation, brood, reproductive function, 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 638.12+519.24

Морфометрія крил робочих бджіл центральної та північної частин України

Галатюк О.Є.[1], Яровець В.І.[2], Бабенко В.В.[3], Череватов В.Ф.[4], Григоренко А.М.[5], Стрільчук М.С.[6], Кривченко О.М.[7]

[1] *Поліський національний університет*
[2] *Львів, пенсіонер*
[3] *Львівський національний університет ім. Івана Франка*
[4] *Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича*
[5] *Київ, Матковивідна пасіка «АМГ»*
[6] *Миколаїв, інженер з охорони праці ЦРЛ*
[7] *Кагарлик, Матковивідне господарство «КОМ bee»*

E-mail: Галатюк О.Є. olekhalatyuk@gmail.com; Череватов В.Ф. v.cherevatov@chnu.edu.ua; Григоренко А.М. realto@ukr.net; Стрільчук М.С. mihail-ves@ukr.net; Кривченко О.М. queens@kombee.com.ua
Кореспондентний автор – Яровець В.І.,1951nadija@gmail.com

OPEN ACCESS

Галатюк О.Є., Яровець В.І., Бабенко В.В., Череватов В.Ф., Григоренко А.М., Стрільчук М.С., Кривченко О.М. Морфометрія крил робочих бджіл центральної та північної частин України. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 74–87.

Galatyuk O., Yarovets V., Babenko V., Cherevatov V., Grigorenko A., Strilchuk M., Kryvchenko O. Wing morphometry of worker bees in the central and northern parts of Ukraine. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 74–87.

Рукопис отримано: 17.03.2023 р.
Прийнято: 31.03.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-74-87

На рівнинній лісостеповій частині території України, як вважається, розповсюджено кілька еволюційних ліній медоносних бджіл підвидів *Apis mellifera: mellifera* L., *Apis mellifera macedonica* Ruttner та *Apis mellifera caucasica* Pollmann, територіальні межі яких потребують детального вивчення. Морфометрія крил бджіл є одним із доступних методів встановлення фенотипу крил та морфологічних ознак бджіл у цілому. Однак повнота та ступінь вивчення морфометричних ознак бджіл популяцій, присутніх на території України, є недостатньою.

Метою дослідження було – здійснити більш точну та досконалу класифікацію крил; встановити морфометричні еталони робочих бджіл місцевих популяцій українських степових бджіл, розробити методику оцінювання можливої гібридизації за фенотипом крил та спробувати віднайти бджолині сім'ї з матками, придатними для подальшої селекції. Для реалізації поставленої мети використано класичну морфометрію дослідження фенотипу крил з використанням 8 ознак: традиційних – Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri та додаткових, запропонованих авторами, – Ci.2, Ci.3, Ci.2.1, що дало змогу підвищити рівень довіри до якості опрацювання статистичних даних ознак крил. За допомогою дискримінантного аналізу даних та комплексу програм Statistica створено класифікатор та здійснено класифікацію 3717 крил. З достатньою достовірністю (95,6 %) крила 28 бджолиних сімей було розподілено на п'ять кластерів.

Сформовано п'ять еталонних масивів, два з яких, імовірно, належать до популяції українських степових бджіл підвиду *A. m. macedonica*, один – до підвиду *A. m. carnica* Pollmann, два – до гібридів українських степових бджіл та поліської популяції підвиду *A. m. mellifera.* Встановлено значну подібність за фенотипами двох кластерів досліджених крил з крилами бджіл регіону Карпат та гібридизацію робочих бджіл означеної території поліською популяцією підвиду *A. m. mellifera.*

Представлено, у який спосіб за наявності еталонних даних ознак крил робочих бджіл, можна оцінювати тип та ступінь гібридизації усіх комах.

Сформовані масиви п'яти нових еталонів можуть використовуватись у наступних дослідженнях як еталони порівняння.

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

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. На рівнинній лісостеповій частині території України, як вважається, розповсюджено декілька еволюційних гілок підвидів медоносних бджіл: *Apis mellifera mellifera L.* (гілка – М), *Apis mellifera carnica* Pollmann, *Apis mellifera macedonica* Ruttner (гілка – С) та *Apis mellifera caucasica* Pollmann (гілка – О).

За даними літературних джерел, бджоли означеної території можуть бути віднесені до популяції українських степових бджіл [1, 2]. Це підтверджують публікації [3, 4, 5, 6]. Ф. Рутнер коротко згадує українську степову популяцію у контексті її походження від карніки [7]. Інші автори, вважаючи її окремою популяцією підвидів *A. m. carnica* або *A. m. macedonica*, наводять назви *Apis mellifera acervorum* [8], *Apis mellifera sossimai* [9]. У публікації Meixner et al., присвяченій вивченню мінливості типового підвиду *A. m. mellifera* Польщі, Білорусії та України зазначається, що «….морфометричні дані вказують на південну Польщу та Україну як справжній «плавильний котел» штамів медоносних бджіл із Західної Європи, Балкан та Західної Азії. Однак справжній характер і поширеність цього регіону гібридизації залишаються значною мірою невідомими, оскільки медоносні бджоли з європейських регіонів на південь і схід залишаються невивченими» [10]. З контексту статті та цієї цитати зрозуміло, що «невивченість» стосується як генетичних даних, так і морфологічних показників бджіл та крил бджіл, яких навіть у вітчизняній літературі є обмаль, а ті, які є, не надають потрібної повноти та достовірності інформації щодо морфологічних ознак, за якими можна здійснити надійну класифікацію бджіл та встановити їх належність до певних підвидів, екотипів, популяцій, ліній. З метою дослідження фенотипічних ознак бджіл використовують ефективний, відносно простий, метод дослідження морфометрії крил бджіл. Більшість вітчизняних дослідників зазвичай обмежуються кількома ознаками (індексами): частіше визначають значення кубітального індексу (Ci) та дискоїдального зміщення (Disc.sh.), зрідка – гантельного індексу (Dbi). На основі цих ознак можна розрізнити бджіл в окремих випадках між підвидами, а от встановити внутрішньопідвидову структуру неможливо. Це, своєю чергою, унеможливлює визначення породної/расової належності бджіл, зокрема оцінку ступеня гібридизації основної породи домішковими. Кількісні ознаки фенотипу (довжина хоботка, ширина тергітів, розмір крил, довжини відрізків на крилі та ін.) є досить мінливими, залежать від умов формування імаго бджіл та інших зовнішніх чинників, тому використання їх з метою встановлення породної/расової належності окремих особин проблематичне. Навпаки, використання «індексів» (співвідношення кількох показників) морфометричних ознак, а не «абсолютних» значень, виміряних у певних одиницях, з метою класифікації та встановлення породності бджіл є більш ефективним. Сучасними методами обробки числової інформації одержаної зі світлин або сканів крил, є метод DAWINO [11], метод геометричної морфометрії крил [12], однак застосовуються такі методи українськими дослідниками спорадично. З вітчизняних праць, частково присвячених морфометричним дослідженням, відомі здобутки вчених філії ННЦ інституту бджільництва імені П. І. Прокоповича, які вивчали місцевий екотип карпатських бджіл з використанням програми BEEMORPH [13]. Дослідженню мітохондріальної ДНК бджіл присвячено роботу [14]. Важливий внесок до розв'язання питання таксономії українських бджіл зроблено завдяки зусиллям відомого українського пасічника А. Д. Комісара. Морфометричні дослідження крил українських бджіл, зібраних А. Комісаром та Л. Єгошиним (Суми), проведено в Чехії. Більшу частину досліджених крил було кваліфіковано як гібриди, водночас три зразки з особистої пасіки А. Д. Комісара було піддано подальшому аналізу мітохондріальної ДНК [15]. За результатом генетичного аналізу було зроблено висновки: а) досліджені зразки бджіл належать до підвиду *A. m. macedonica*; б) спростовано припущення про те, що українські бджоли є південною гілкою середньо-російських бджіл або результатом безсистемної гібридизації карпатськими бджолами, як це трактувалось, наприклад, у праці Білаша [16]. На нашу думку, невеликі за обсягом вибірки ([17, 10] та 3 бджолиних сім'ї [15]) не дають змоги узагальнити зроблені авторами висновки та розповсюдити їх на всю територію України.

Перед дослідниками, які вивчають бджіл українських популяцій, постає декілька важливих завдань: напрацювати доступні для використання вітчизняними дослідниками методи вивчення морфологічних ознак, за допомогою яких можна було б встановлювати імовірну породну належність окремих особин з прийнятною точністю та достовірністю; розширити ареал досліджень, накопичити фактичний матеріал, що дасть можливість

оцінити складний характер взаємозв'язків між підвидами, присутніми як в окремих, регіонах, так і на всій території України.

Раніше нами було виконано попереднє вивчення крил робочих бджіл 44-х бджолиних сімей з пасік Харківської, Сумської, Київської, Хмельницької, Вінницької та Дніпропетровської областей [17]. Класифікація крил робочих бджіл, яка була проведена за п'ятьма ознаками (індексами) показала, що 28 сімей за фенотипом крил можуть бути віднесені до українських степових бджіл, 15 – до підвиду *A. m. Carnica* та їх помісей, а 11 бджолиних сімей мають кластери бджіл, віднесених за значеннями кубітального індекса (Ci=1,988–2,111) та дискоїдального зміщення (Disc. sh.= -0,165-2,897) до гібридів українських степових бджіл, імовірно, із підвидом *A. m. mellifera*. Для трьох бджолиних сімей не вдалося з'ясувати породну належність за фенотипом крил. Крім того, у кожному кластері була присутня певна кількість крил з достатньо відмінними ознаками. Така строкатість фенотипічних ознак в одному кластері вказує на наявність гібридизації, необхідність її вивчення як за типом, так і за величиною. Можна констатувати, що в цілому не вдалось достовірно інтерпретувати результати морфометричних досліджень, використовуючи для класифікації п'ять ознак (індексів) крил.

Мета дослідження – здійснити більш досконалу класифікацію крил, встановити морфометричні еталони робочих бджіл місцевих популяцій українських степових бджіл, вивчити тип та ступінь гібридизації, спробувати віднайти бджолині сім'ї з матками, придатними для подальшої селекції.

Матеріал і методи дослідження. Використано 3717 крил робочих бджіл з пасік О. Галатюка (точки – м. Житомир, с. Буки та с. Городище Житомирської обл.), Г. Кевлюка (смт. Овруч Житомирської обл.); А. Григоренка та О. Кривченка (м. Кагарлик Київської обл.), С. Мостового (м. Городок Хмельницької обл.), С. Топольницького (с. Гатне Київської обл.), О. Безрука (Сумської обл.), І. Мицька (м. Бар Вінницької обл.), Р. Гуцала (с. Чечельник Вінницької обл.) (рис.1).

Світлини крил опрацьовано за допомогою програми TpsDig2 [18]. За допомогою дискримінантного аналізу даних та комплексу програм Statistica [19] здійснено класифікацію 3717 крил сімей з використанням 8 ознак: Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri, Ci.2, Ci.3, Ci.2.1 [20], щодо яких була наявна орієнтовна інформація про можливу належність фенотипу крил до популяції української степової бджоли або її гібридів. З високою достовірністю (95,6 %) крила було розподілено на п'ять кластерів (табл. 1, 2, 3, 4). За фенотип крил у цій роботі приймається сукупність значень восьми зазначених вище індексів.

Послідовність розташування індексів у класифікації, згідно із зростанням їх вагомостей, наступна: Disc.sh., Ri, Ci.2.1, Dbi, Ci.3, Ci, Pci, Ci.2 (табл. 2). Отже, радіальний Ri та Ci.2.1 індекси мають найменший вплив на класифікацію цього масиву крил робочих бджіл, а індекси Pci та Ci.2 – найбільший.

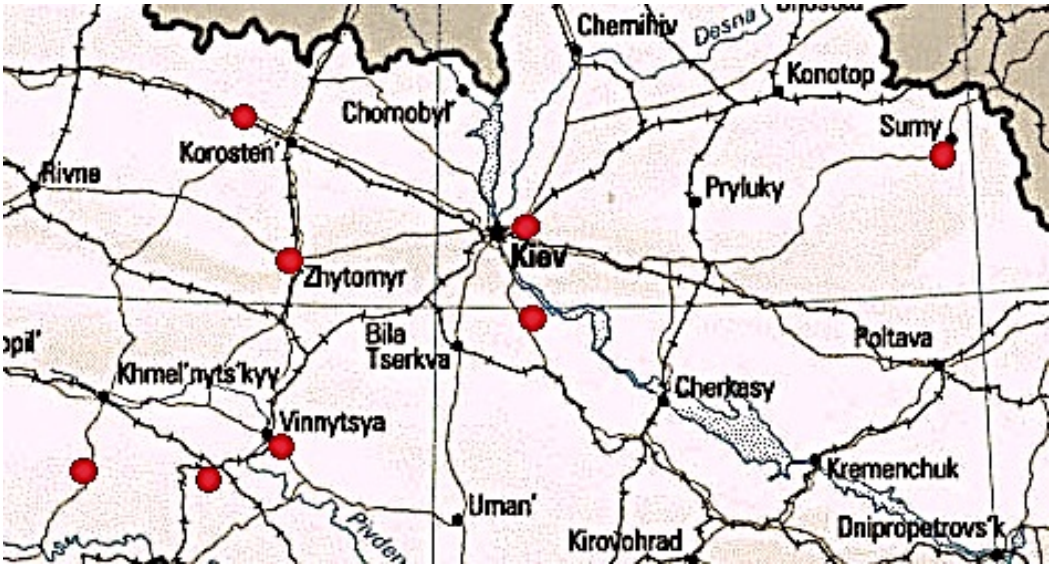


Рис.1. **Мапа умовного розміщення пасічних точок центральної та північної частин території України.**

Таблиця 1 – **Підсумкові результати дискримінантного аналізу крил (n=3717) бджолиних сімей (n=28) центральної та північної частин України.**

Індекси	Лямбда Вілкса	Часткова лямбда	F-критерій 4,3705	p-рівень значущості	Толерант-ність	1-Толер. (R-Sqr.)
Ci	0,101	0,833	185,97	<0,001	0,942	0,058
Dbi	0,096	0,877	130,044	<0,001	0,878	0,122
Pci	0,102	0,826	195,407	<0,001	0,856	0,144
Disc.sh.	0,094	0,901	101,89	<0,001	0,712	0,288
Ri	0,094	0,9	102,976	<0,001	0,749	0,251
Ci.2	0,105	0,804	225,896	<0,001	0,835	0,165
Ci.3	0,099	0,855	156,524	<0,001	0,868	0,132
Ci.2.1	0,095	0,888	116,718	<0,001	0,802	0,198

Таблиця 2 – **Класифікаційна матриця крил робочих бджіл бджолиних сімей (n=28) центральної та північної частин України.**

Кластер	Коректність %	G_1:1 p=,18779	G_2:2 p=,24617	G_3:3 p=,20823	G_4:4 p=,15846	G_5:5 p=,19935
G_1:1	94,3	658	11	11	6	12
G_2:2	99,2	0	908	3	3	1
G_3:3	96,1	4	23	744	0	3
G_4:4	94,6	3	18	0	557	11
G_5:5	92,8	10	26	13	4	688
Разом	**95,6**	675	986	771	570	715

Таблиця 3 – **Значення середніх ознак (індексів) для кластерів класифікаційної моделі.**

	І н д е к с и								N
Кластер	Ci		Dbi		Pci		Disc.sh.		крил
	M*	± m**	M	± m	M	± m	M	± m	шт.
1	2,256	0,012	0,952	0,003	2,783	0,004	1,819	0,064	698
2	2,433	0,012	0,963	0,002	2,689	0,003	1,734	0,05	915
3	2,156	0,012	0,877	0,002	2,811	0,004	-0,099	0,057	774
4	2,636	0,017	1,065	0,003	2,683	0,004	4,607	0,066	589
5	2,13	0,01	0,969	0,002	2,83	0,003	3,713	0,057	741
								Разом	3717
	І н д е к с и								N
Кластер	Ri		Ci.2		Ci.3		Ci.2.1		крил
	M*	± m**	M	± m	M	± m	M	± m	шт.
1	1,444	0,003	4,241	0,02	1,708	0,005	1,664	0,004	698
2	1,476	0,002	3,166	0,012	1,486	0,004	1,539	0,003	915
3	1,388	0,002	3,383	0,016	1,465	0,004	1,53	0,003	774
4	1,576	0,003	3,452	0,02	1,608	0,005	1,7	0,004	589
5	1,566	0,003	3,402	0,014	1,51	0,004	1,71	0,004	741
								Разом	3717

Примітка: * - середнє арифметичне значення ознаки;
** - стандартна похибка середнього значення ознаки.

Таблиця 4 – **Підсумкові результати класифікації крил робочих бджіл.**

№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кількість крил (%) Кластери					N крил шт.
		1	2	3	4	5	
1	Gal.2.(21)	15,79	29,82	10,53	35,09	8,77	114
2	Most.18.(21)	28	29	0	34	9	100
3	Guzal.1.(21)	24	25	3	20	28	100
4	Myzko. III.(21)	6,06	56,57	31,31	2,02	4,04	99
5	Gal. 13.(21)	29	6	6	21	38	100
6	Kevl. 1.(22)	7	23,5	37,5	7,5	24,5	200
7	Kevl. 5.(22)	7	25	56	2	10	200
8	Kevl. 2.(22)	8,5	29,5	44,5	3	14,5	200
9	Kevl. 7.(22)	12	21	37	12,5	17,5	200
10	Gal. 2.(22)	3	10	0	83	4	100
11	Gal. Koloda.(22)	12	46	4	28	10	100
12	Gal. 15-141.(22)	34,55	15,76	7,88	23,03	18,79	165
13	Gal. 7.(22)	47,74	21,11	13,57	5,53	12,06	199
14	Gal. 2.(6-141)(22)	7	15	3	41	34	100
15	Gryg. 1.(22)	6,5	25	36,5	5,5	26,5	200
16	Gal. 15-3.(22)	28,81	12,99	31,07	7,34	19,77	177
17	Gal. 19.(22)	49	10	13,5	11,5	16	200
18	Krivch. 27/2.(21)	2	32	16	5	45	100
19	Krivch. 27/4.(21)	7,69	45,45	14,69	8,39	23,78	143
20	Krivch. 27/5.(21)	0	39,26	27,41	6,67	26,67	135
21	Krivch. 25/7.(21)	32	20	18	6	24	100
22	Krivch. 33/4.(21)	18	27	19	7	29	100
23	Krivch. 33.(21)	14	35	13	12	26	100
24	Krivch. 11-50.(21)	35	18	15	13	19	100
25	Krivch. 36.(21)	29	15	16	19	21	100
26	Bezr. 46.(21)	35,29	29,41	9,41	11,76	14,12	85
27	Top. 43.(21)	8	13	3	41	35	100
28	Top. 61.(21)	9	32	4	40	15	100
						Разом	3717

Результати дослідження та обговорення. Враховуючи середні значення кубітального індексу для кластерів 1, 2 та 5 (Ci = 2,13-2,433), додані значення дискоїдального зміщення (Disc.sh. = 1,734-3,713) та використовуючи дані стандарту для бджолиних сімей української степової породи [21], а також літературні дані (за Аватесяном значення Ci для української степової бджоли знаходяться в межах 2,0-2,3 [1]; за Григорків – 2,19-2,29 [6]; за Поліщуком – 2,16-2,62, Disc.sh.(+) – 72 %-94 % крил [3]) можна припустити, що бджоли кластерів 1, 2, 5 за фенотипом крил належать до популяції українських степових бджіл підвиду *A. m. macedonica*. Для кластера 3Ci = 2,156 вкладається у зазначені вище межі, однак з урахуванням того, що значення дискоїдального індекса дещо менше за «0» (Disc.sh. = -0,1), можна припустити певний вплив на фенотип крил кластера 3 підвиду *A. m. mellifera*, або на належність останнього до підвиду *A. m. caucasica.* Підтвердженням останнього припущення можуть бути результати дослідження, присвяченого морфометрії крил робочих бджіл підвиду *A. m. caucasica* [22]. Для семи сімей з матками, за походженням з Грузії, було одержано такі значення: Ci(2,07 – 2,265), Ci(сер) = 2,173; Disc. sh (– 0,285 - –1,96), Disc.sh.(сер) = -1,43, що узгоджується з даними Ф. Рутнера, де наводиться значення Ci = 2,16 [23], та зі значеннями індексів кластера 3 (табл. 4). Фенотип кластера 4, імовірно, належить до підвиду *A. m. carnica.*

На підставі одержаних результатів класифікації крил робочих бджіл створено масиви еталонних даних: імовірно, українських степових бджіл позначено як (U.Step.), сумніви відносно породної належності позначено (?); гібриду – підвиду *A. m. Mellifera* – (U.Step.-Mellif.) та підвиду *A. m. carnica*, або його гібриду – (Carnica(U.Step.)) (табл. 5-9).

Таблиця 5 – **Значення індексів крил робочих бджіл сімей морфометричного еталону (U.Step.1).**

№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	
5	Gal. 13.(21)	1	2,339	0,928	2,805	2,02	29
12	Gal. 15-141.(22)	1	2,074	0,977	2,746	2,437	57
13	Gal. 7.(22)	1	2,117	0,984	2,755	2,231	95
17	Gal. 19.(22)	1	2,43	0,9	2,858	2,353	98
21	Krivch. 25/7.(21)	1	2,191	0,897	2,768	1,54	32
24	Krivch.11-50.(21)	1	2,401	0,929	2,806	2,22	35
26	Bezr. 46.(21)	1	2,215	1,001	2,78	0,989	30
Середнє:			2,252	0,947	2,795	2,121	376
Стандартні відхилення:			0,139	0,042	0,038	0,524	
Коефіцієнти варіації (%):			6,2	4,4	1,4	24,7	

№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ri	Ci.2.	Ci.3.	Ci.2.1	
5	Gal. 13.(21)	1	1,462	4,286	1,71	1,614	29
12	Gal. 15-141.(22)	1	1,414	4,232	1,732	1,663	57
13	Gal. 7.(22)	1	1,399	4,106	1,716	1,644	95
17	Gal. 19.(22)	1	1,439	4,096	1,751	1,718	98
21	Krivch. 25/7.(21)	1	1,433	4,069	1,786	1,691	32
24	Krivch.11-50.(21)	1	1,455	4,351	1,661	1,631	35
26	Bezr. 46.(21)	1	1,481	4,406	1,739	1,615	30
Середнє:			1,433	4,184	1,731	1,666	376
Стандартні відхилення:			0,028	0,134	0,039	0,039	
Коефіцієнти варіації (%):			2	3,2	2,2	2,4	

Серед результатів одержаних середніх значень індексів зазначених еталонів відзначимо суттєві підвищення значень коефіцієнтів варіації для індекса Disc.sh. еталонів U.Step.1 (24,7 %), U.Step.2 (18 %) та особливо U.Step.-Mellif. (68,2 %). Можливою причиною цього факту може бути гібридизація фенотипів крил різними підвидами *A. m. mellifera* або *A. m. caucasica*, про що зазначалося вище. Остаточну відповідь на це питання може дати лише генетичний аналіз для обох підвидів *A. m. mellifera* та *A. m. caucasica* Disc.sh.<0, однак конкретних даних, за якими можна було б розрізнити ці підвиди, у літературі нами не знайдено.

На сьогодні авторами створено кілька масивів значень з восьми індексів крил робочих бджіл окремих областей України, прийнятих як еталони порівняння. Для регіону Карпат (Стрийський район, Сколівська громада) чотири еталони позначено як Local Carpat., Carpatica.1, Carnica (Sk.), Carpatica.2 [24]; Полісся (Житомирська область) чотири еталони позначено як Hybr. Polis.1, Polish., Hybr. Maced., Hybr. Polis.2 (Галатюк та ін., знаходиться на стадії опублікування); карніки західноєвропейської селекції три еталони позначено як Carnica.1, Carnica.2, Troiseck [25]. Це дає змогу співставити зазначені еталони і порівняння з новими еталонами, сформованими за результатами цього дослідження (див. табл. 10, 11).

З метою аналізу результатів, наведених у таблиці 13, використано запропоновану нами орієнтовну емпіричну шкалу меж подібностей фенотипів крил за допомогою відстаней Махаланобіса, зокрема: «0 – 2» – подібність висока, «2 – 3,5» – значна подібність, «> 3,5» – подібність незначна (або відсутня). Значення відстаней Махаланобіса між центроїдами масивів крил нових та раніш запропонованих еталонів показують значну подібність між окремими з них (табл. 10).

Подібність еталонів у парах U.Step.-Mellif./ Hybri.Polis.2, Carn. (U.Step.)/Carpatica.2, U.Step.2/Hybr.Maced. відповідає запропонованому трактуванню приналежності фенотипів до порід: українських степових бджіл (або гібриду з участю підвиду *A. m. mellifera*), карніки (або її популяції карпатських бджіл) та українських степових бджіл (або гібриду українських степових бджіл) відповідно, що підтверджується даними розподілу переважаючої частини крил: 335 (77 %) з 434 віднесено до еталону Hybr. Polis.2, 239 (69 %) з 345 – Carpatica.2, 276 (60 %) з 457 – Hybr. Maced, відповідно (табл.11).

Таблиця 6 – **Значення індексів крил робочих бджіл сімей морфометричного еталону (U.Step.(?)).**

№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	
2	Most.18.(21)	2	2,458	0,974	2,646	1,91	29
4	Myzko. III.(21)	2	2,315	0,982	2,637	1,147	56
6	Kevl. 1.(22)	2	2,443	0,976	2,741	2,5	47
7	Kevl. 5.(22)	2	2,7	0,918	2,7	2,056	50
8	Kevl. 2.(22)	2	2,442	0,911	2,685	1,733	59
10	Gal.2.(21)	2	2,73	0,989	2,748	1,329	34
11	Gal. Koloda.(22)	2	2,384	0,981	2,639	1,95	46
13	Gal. 7.(22)	2	2,327	0,987	2,667	2,259	42
15	Gryg. 1.(22)	2	2,725	0,923	2,708	1,49	50
20	Krivch. 27/5.(21)	2	2,358	0,96	2,737	2,282	53
23	Krivch. 33.(21)	2	2,338	0,965	2,678	1,919	35
27	Top. 61.(21)	2	2,395	0,99	2,68	2,159	32
Середнє:			2,467	0,96	2,689	1,883	533
Стандартні відхилення:			0,158	0,029	0,039	0,407	
Коефіцієнти варіації (%):			6,4	3	1,4	21,6	
№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ri	Ci.2.	Ci.3.	Ci.2.1	
2	Most.18.(21)	2	1,478	3,118	1,553	1,532	29
4	Myzko. III.(21)	2	1,481	3,157	1,438	1,49	56
6	Kevl. 1.(22)	2	1,451	2,876	1,486	1,553	47
7	Kevl. 5.(22)	2	1,434	3,386	1,462	1,462	50
8	Kevl. 2.(22)	2	1,476	3,166	1,46	1,503	59
10	Gal.2.(21)	2	1,519	3,248	1,532	1,528	34
11	Gal. Koloda.(22)	2	1,465	2,796	1,419	1,517	46
13	Gal. 7.(22)	2	1,422	3,388	1,55	1,567	42
15	Gryg. 1.(22)	2	1,442	3,107	1,469	1,574	50
20	Krivch. 27/5.(21)	2	1,521	3,066	1,417	1,526	53
23	Krivch. 33.(21)	2	1,52	3,211	1,477	1,534	35
27	Top. 61.(21)	2	1,519	3,178	1,522	1,488	32
Середнє:			1,475	3,137	1,475	1,522	533
Стандартні відхилення:			0,036	0,175	0,048	0,033	
Коефіцієнти варіації (%):			2,4	5,6	3,2	2,2	

Таблиця 7 – **Значення індексів крил робочих бджіл сімей морфометричного еталону (U.Step.-Mellif.).**

№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	
3	Gryg. 1.(22)	3	2,233	0,862	2,834	-0,696	73
4	Myzko. III.(21)	3	2,252	0,913	2,814	-0,229	31
7	Kevl. 5.(22)	3	2,126	0,859	2,809	-0,001	112
8	Kevl. 2.(22)	3	2,117	0,854	2,753	-0,584	89
9	Kevl. 7.(22)	3	2,101	0,884	2,826	-0,626	74
16	Gal.15-3.(22)	3	2,355	0,899	2,837	-0,304	55
Середнє:			2,176	0,872	2,809	-0,399	434
Стандартні відхилення:			0,1	0,024	0,031	0,272	
Коефіцієнти варіації (%):			4,6	2,8	1,1	68,2	
№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ri	Ci.2.	Ci.3.	Ci.2.1	
3	Gryg. 1.(22)	3	1,385	3,156	1,424	1,572	73
4	Myzko. III.(21)	3	1,391	3,164	1,414	1,475	31
7	Kevl. 5.(22)	3	1,374	3,601	1,428	1,494	112
8	Kevl. 2.(22)	3	1,397	3,349	1,421	1,499	89
9	Kevl. 7.(22)	3	1,392	3,411	1,42	1,58	74
16	Gal.15-3.(22)	3	1,325	3,501	1,505	1,57	55
Середнє:			1,379	3,398	1,433	1,531	434
Стандартні відхилення:			0,027	0,179	0,034	0,047	
Коефіцієнти варіації (%):			1,9	5,3	2,4	3,1	

Таблиця 8 – **Значення індексів крил робочих бджіл сімей морфометричного еталону (Carnica(U.Step.)).**

№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	
1	Gal.2.(21)	4	2,875	1,082	2,71	3,797	40
2	Most.18.(21)	4	2,529	1,078	2,642	4,429	34
10	Gal. 2.(22)	4	2,97	1,08	2,68	4,894	83
11	Gal. Koloda.(22)	4	2,585	1,051	2,593	4,647	28
12	Gal. 15-141.(22)	4	2,333	1,074	2,668	5,245	38
14	Gal.2.(6-141)(22)	4	2,619	1,084	2,631	5,098	41
27	Top. 43.(21)	4	2,563	1,048	2,732	4,77	41
28	Top. 61.(21)	4	2,597	1,044	2,683	4,912	40
Середнє:			2,684	1,071	2,675	4,756	345
Стандартні відхилення:			0,201	0,017	0,045	0,452	
Коефіцієнти варіації (%):			7,5	1,6	1,7	9,5	
№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ri	Ci.2.	Ci.3.	Ci.2.1	
1	Gal.2.(21)	4	1,592	3,618	1,615	1,684	40
2	Most.18.(21)	4	1,599	3,277	1,67	1,645	34
10	Gal. 2.(22)	4	1,552	3,434	1,656	1,742	83
11	Gal. Koloda.(22)	4	1,526	3,262	1,614	1,739	28
12	Gal. 15-141.(22)	4	1,514	3,374	1,638	1,723	38
14	Gal.2.(6-141)(22)	4	1,594	3,35	1,508	1,753	41
27	Top. 43.(21)	4	1,625	3,338	1,598	1,697	41
28	Top. 61.(21)	4	1,653	3,405	1,584	1,612	40
Середнє:			1,582	3,398	1,616	1,706	345
Стандартні відхилення:			0,048	0,112	0,05	0,05	
Коефіцієнти варіації (%):			3	3,3	3,1	2,9	

Таблиця 9 – **Значення індексів крил робочих бджіл сімей морфометричного еталону (U.Step.2).**

№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	
5	Gal. 13.(21)	5	2,211	0,956	2,86	4,769	38
6	Kevl. 1.(22)	5	2,092	0,945	2,875	4,184	49
9	Kevl. 7.(22)	5	2,112	0,983	2,817	3,548	35
12	Gal. 15-141.(22)	5	1,998	1,011	2,765	4,165	31
14	Gal.2.(6-141)(22)	5	2,231	0,987	2,798	3,998	34
15	Gryg. 1.(22)	5	2,183	0,933	2,812	3,866	53
16	Gal. 15-3.(22)	5	2,283	0,978	2,834	4,008	35
17	Gal. 19.(22)	5	2,293	0,91	2,876	4,193	32
18	Krivch. 27/2.(21)	5	2,152	1,004	2,852	3,197	45
19	Krivch. 27/4.(21)	5	2,138	0,991	2,793	2,152	34
20	Krivch. 27/5.(21)	5	2,13	0,955	2,837	3,66	36
27	Top. 43.(21)	5	2,08	0,986	2,852	4,531	35
Середнє:			2,157	0,972	2,829	3,795	457
Стандартні відхилення:			0,086	0,03	0,035	0,682	
Коефіцієнти варіації (%):			4	3,1	1,2	18	
№ п/п	Назва бджолиної сім'ї	Кластер	Індекси				N крил
			Ri	Ci.2.	Ci.3.	Ci.2.1	
5	Gal. 13.(21)	5	1,626	3,51	1,579	1,685	38
6	Kevl. 1.(22)	5	1,537	3,251	1,523	1,675	49
9	Kevl. 7.(22)	5	1,568	3,431	1,478	1,727	35
12	Gal. 15-141.(22)	5	1,489	3,284	1,536	1,728	31
14	Gal.2.(6-141)(22)	5	1,571	3,431	1,419	1,805	34
15	Gryg. 1.(22)	5	1,562	3,287	1,432	1,693	53
16	Gal. 15-3.(22)	5	1,523	3,539	1,506	1,753	35
17	Gal. 19.(22)	5	1,525	3,523	1,634	1,769	32
18	Krivch. 27/2.(21)	5	1,563	3,139	1,496	1,709	45
19	Krivch. 27/4.(21)	5	1,61	3,162	1,46	1,71	34
20	Krivch. 27/5.(21)	5	1,579	3,257	1,437	1,639	36
27	Top. 43.(21)	5	1,637	3,375	1,558	1,752	35
Середнє:			1,562	3,341	1,501	1,724	457
Стандартні відхилення:			0,044	0,139	0,065	0,045	
Коефіцієнти варіації (%):			2,8	4,2	4,3	2,6	

Таблиця 10 – **Відстані Махаланобіса між центроїдами кластерів досліджуваних та найближчими до них центроїдами кластерів крил раніше встановлених еталонів порівняння.**

Досліджуваний еталон	Відстань Махаланобіса	Еталони порівняння	Джерело еталонів порівняння
U.Step.1	3,179	LocalCarpat.	[22]
U.Step.(?)	3,318	Carnica(Sk.)	[22]
U.Step.-Mellif.	2,811	Hybr.Polis.2	[Галатюк та ін.]*
Carn.(U.Step)	3,105	Carpatica.2	[22]
U.Step.2	3,122	Hybr.Maced.	[Галатюк та ін.]*

Примітка: * - дані на стадії опублікування.

Таблиця 11 – **Розподіл крил досліджуваних еталонів, за найближчими центроїдами раніше встановлених еталонів порівняння.**

Досліджуваний еталон	N крил	%	Еталони	Досліджуваний еталон	N крил	%	Еталони
Ukr.Step.1	112	29,8	LocalCarpat.	Carn. (Ukr.Step)	0	0	LocalCarpat.
	72	19,1	Carpatica.1		35	10,1	Carpatica.1
	6	1,6	Carnica(Sk.)		49	14,2	Carnica(Sk.)
	1	0,3	Carpatica.2		239	69,3	Carpatica.2
	40	10,6	Hybr.Polis.1		0	0	Hybr.Polis.1
	1	0,3	Polish		0	0	Polish
	141	37,5	Hybr.Maced.		22	6,4	Hybr.Maced.
	3	0,8	Hybr.Polis.2		0	0	Hybr.Polis.2
Разом	376	100		Разом	345	100	
Ukr.Step.(?)	44	8,3	LocalCarpat.	Ukr.Step.2	28	6,1	LocalCarpat.
	1	0,2	Carpatica.1		39	8,5	Carpatica.1
	207	38,8	Carnica(Sk.)		4	0,9	Carnica(Sk.)
	48	9	Carpatica.2		89	19,5	Carpatica.2
	0	0	Hybr.Polis.1		12	2,6	Hybr.Polis.1
	0	0	Polish		0	0	Polish
	129	24,2	Hybr.Maced.		276	60,4	Hybr.Maced.
	104	19,5	Hybr.Polis.2		9	2	Hybr.Polis.2
Разом	533	100		Разом	457	100	
U.Step.-Mellif.	52	12	LocalCarpat.				
	0	0	Carpatica.1				
	8	1,8	Carnica(Sk.)				
	0	0	Carpatica.2				
	15	3,5	Hybr.Polis.1				
	16	3,7	Polish				
	8	1,8	Hybr.Maced.				
	335	77,2	Hybr.Polis.2				
Разом	434	100					

Результати порівнянь еталонних даних доводять факт значної подібності окремих кластерів крил робочих бджіл різних регіонів, зокрема центральної та північної з одного боку, та карпатської частини України – з іншого у парах: U.Step.1/LocalCarpat.; Carnica(U.Step)/Carpatica.2. Ця подібність настільки вагома, що дає змогу об'єднати зазначені пари еталонів у дві фенотипічні групи та одержати спільні масиви еталонних даних (табл. 12).

Значення коефіцієнта варіації індекса Disc.sh. для об'єднаних еталонів U.Step.1+LocalCarpat. незначно зростає до 28,6 % проти 24,7 % для еталону U.Step.1, для всіх інших індексів коефіцієнти варіації < 7 %, що підтверджує значну подібність між цими еталонами. Для об'єднаних еталонів Carnica(U.Step)+Carpatica.2 значення коефіцієнтів варіації вказують на високу подібність обох еталонів та спонукають у майбутньому використовувати об'єднаний масив даних як загальний еталон підвиду *A. m. carnica*, популяції карпатських бджіл. Щодо подібності еталонів Carnica(U.Step)/Carpatica.2, вона може бути пояснена неконтрольованою масовою експансією пакетів з бджолами та маток з регіону Карпат у рівнинну частину Східної Європи у 70-80-і роки XX ст. Та й у наш час українські пасічники одержують бджіл саме з Карпат або із Закарпаття, що обумовлюється порівняно раннім розвитком бджолиних сімей. Для подібності еталонів U.Step.1/LocalCarpat. наразі пояснення відсутні. Можливо, має місце природне розповсюдження рівнинної популяції бджіл (та утворення там екотипів української степової) у передгірські райони Карпат.

Для пари U.Step.(?)/Carnica(Sk.) подібність менша (табл. 10), а в об'єднаному варіанті спостерігається значне зростання коефіцієнтів варіації для індексів Ci (9,6 % проти 6,4 %) та Disc.sh. (34,7 % проти 21,6 %). Це пояснюється відмінностями середніх значень індексів еталонів U.Step.(?)/Carnica(Sk.): Ci(2,467/2,906), Disc.sh.(1,883/3,274). Відмінності спостерігаються також для інших індексів, що свідчить про різницю між зазначеними еталонами. Однак розподіл окремих крил досліджуваного еталону U.Step.(?) між центроїдами раніше встановлених еталонів Carnica (Sk.)/Hybr. Maced./Hybr.Polis.2 = 207/129/104 (табл. 11) дає підстави припускати належність фенотипу крил до, гібридизованого підвиду *A. m. carnica* та позначати його в подальшому як Carnica(U. Step).2.

Таблиця 12 – **Середні значення ознак (індексів) об'єднаних еталонів центральної, північної та карпатської частин України.**

U.Step.1 + Local Carpat.	Індекси				N
	Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	крил
Середнє:	2,236	0,943	2,77	1,794	726
Стандартні відхилення:	0,127	0,034	0,042	0,514	
Коефіцієнти варіації (%):	5,7	3,6	1,5	28,6	
U.Step.1 + Local Carpat.	Індекси				N
	Ri	Ci.2	C.3	Ci.2.1	крил
Середнє:	1,423	4,023	1,67	1,659	726
Стандартні відхилення:	0,038	0,254	0,076	0,04	
Коефіцієнти варіації (%):	2,7	6,3	4,6	2,4	
Carnica(U.Step) + Carpatica.2	Індекси				N
	Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	крил
Середнє:	2,674	1,066	2,688	5,294	1310
Стандартні відхилення:	0,157	0,02	0,039	0,597	
Коефіцієнти варіації (%):	5,9	1,8	1,4	11,3	
Carnica(U.Step) + Carpatica.2	Індекси				N
	Ri	Ci.2	C.3	Ci.2.1	крил
Середнє:	1,571	3,264	1,593	1,704	1310
Стандартні відхилення:	0,043	0,192	0,042	0,061	
Коефіцієнти варіації (%):	2,8	5,9	2,6	3,6	

Для пар еталонів центральної та північної частин України, з одного боку, та Полісся – з іншого, U.Step.-Mellif./Hybr.Polis.2 та U.Step.2/Hybr.Maced. подібність цілком очікувана як за регіональним розташуванням окремих пасік, з яких одержано зразки крил (рис. 1), так і за трактуванням породної належності фенотипів кластерів крил. Це також дає змогу одержати два об'єднані масиви еталонних даних (табл. 13).

Значення коефіцієнта варіації індекса Disc. sh. для об'єднаних еталонів U.Step.-Mellif.+Hybr. Polis.2 незначно зменшується до 59,3 % проти 68,2 % для еталону U.Step.-Mellif., для всіх інших індексів коефіцієнти варіації < 7 %, що підтверджує значну подібність між даними еталонами. Значення коефіцієнта варіації індекса Disc.sh. для об'єднаних еталонів U.Step.2+Hybr. Maced. зростає до 28,9 % проти 18,0 % для еталону U.Step.2, що пояснюється різницею середніх значень індекса Disc.sh. для еталонів U.Step.2/Hybr.Maced. (3,795/2,428), однак для інших індексів коефіцієнти варіації < 8 %, що підтверджує подібність між даними еталонами та допускає використання об'єднаного масиву даних як загального еталону порівняння.

Отже, ствердно відповісти на питання породної належності фенотипів крил одержаних еталонів можливо для пар: U.Step.(?)/Carnica(Sk.), імовірно, відповідає гібриду підвиду *A. m. carnica*, Carnica(U.Step)/Carpatica.2 – відповідає підвиду *A. m. carnica*, U.Step.2/Hybr.Maced. – відповідає підвиду *A. m. macedonica*, популяції українських степових бджіл. Щоб правильно трактувати породну належність фенотипу крил пари U.Step.1/LocalCarpat. необхідні додаткові дослідження, бажано ядерного геному робочих бджіл за допомогою генетичного аналізу.

Важливим результатом цього дослідження є факт практичної відсутності впливу на фенотип крил робочих бджіл центральних та північних областей України карніки західноєвропейської селекції. Використані нами еталони робочих бджіл ліній Troiseck, Sclenar та Peschetz показали, що тільки 38 крил з 345 для сформованого еталону Carnica (U.Step) можуть бути віднесені до вказаних ліній, для інших запропонованих у цій роботі еталонів таких крил взагалі не виявлено. Це пояснює, чому зазначені еталони західноєвропейської селекції не відображено у результуючій табл. 11. Водночас, встановлено значну гібридизацію бджіл означеної території екотипом карпатських бджіл підвиду *A. m. carnica*та місцевою популяцією поліських бджіл підвиду *A. m. mellifera*.

Таблиця 13 – **Середні значення ознак об'єднаних еталонів центральної та північної частин України.**

U.Stp.-Mellif. + Hybr.Polis.2	Індекси				N
	Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	крил
Середнє:	2,106	0,885	2,801	-0,504	734
Стандартні відхилення:	0,142	0,024	0,035	0,299	
Коефіцієнти варіації (%):	6,7	2,7	1,2	59,3	
U.Stp.-Mellif. + Hybr.Polis.2	Індекси				N
	Ri	Ci.2	C.3	Ci.2.1	крил
Середнє:	1,375	3,433	1,457	1,529	734
Стандартні відхилення :	0,024	0,166	0,05	0,048	
Коефіцієнти варіації (%) :	1,7	4,8	3,4	3,2	
U.Step.2 + Hybr.Maced.	Індекси				N
	Ci	Dbi	Pci	Disc.sh.	крил
Середнє:	2,128	0,983	2,798	3,063	1043
Стандартні відхилення:	0,105	0,027	0,056	0,886	
Коефіцієнти варіації (%):	4,9	2,8	2	28,9	
U.Step.2 + Hybr.Maced.	Індекси				N
	Ri	Ci.2	C.3	Ci.2.1	крил
Середнє:	1,525	3,554	1,582	1,698	1043
Стандартні відхилення:	0,054	0,274	0,094	0,046	
Коефіцієнти варіації (%):	3,5	7,7	6	2,7	

За одержаними результатами досліджень фенотипів 3717 робочих крил бджіл п'яти областей України можна констатувати, що наші зусилля у пошуку «чистопородних» українських степових бджіл зазнали невдачі. Чистопородними бджолиними сім'ями за фенотипом крил можна вважати ті, у яких матка продукує переважну кількість бджіл одного типу з ознаками, притаманними певному підвиду, екотипу, популяції, лінії. З 28 бджолиних сімей не виявлено жодної, у якій матка продукує переважаючу частину робочих бджіл, віднесених до підвиду *A. m. macedonica* (табл. 4). Тобто, всі досліджені бджолині сім'ї є гібридами. Матки бджолиних сімей № 13 та 17 продукують приблизно 50 % бджіл, віднесених за фенотипом до еталону U.Step.1; № 4, 11, 19 – U.Step.(?); № 8 – U.Step.-Mellif. та № 18 – U.Step.2.

З певною пересторогою можна рекомендувати матку бджолиної сім'ї № 18 для подальшої селекційної роботи.

Висновки. Створено класифікатор крил робочих бджіл, розповсюджених у п'яти областях північної та центральної частин України, який дає змогу з високою достовірністю здійснювати дискримінацію крил між п'ятьма кластерами.

За результатом класифікації крил, для 28 бджолиних сімей сформовано п'ять масивів еталонних даних ознак (індексів), які можуть використовуватись у подальших дослідженнях як еталони порівняння.

Показано, у який спосіб за наявності еталонних даних ознак крил робочих бджіл, можна оцінювати тип та ступінь гібридизації цих комах.

Підтверджено висновки досліджень інших авторів про ймовірне розповсюдження на території України підвидів *A.m. macedonica, A.m. carnica, A.m. mellifera* та *A.m. caucasica*, що обумовило негативний результат спроб віднайти бджолині сім'ї «чистопородних» українських бджіл.

Виявлено значну подібність двох кластерів крил центральної та північної частин України з відповідними кластерами бджіл Карпатського регіону.

Встановлено імовірну гібридизацію українських степових бджіл поліською популяцією підвиду *A.m. mellifera* та карпатськими бджолами підвиду *A.m. carnica.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Селекція та розведення бджіл: навчальний посібник / М. К. Богдан, Н. О. Кірович, В. М. Ясько, С. О. Петренко, Є. О. Котляр. Київ.: Видавничий дім КОНДОР, 2018. – 228 с.2. Бджільництво/ Черкасова А. І. та ін.; за ред. А. І. Черкасової. К: Урожай. 1989. 304 с.

3. Поліщук В. П. Бджільництво. К: Видавництво «Український пасічник», 2001. 296 с.

4. Поліщук В. П. Внутрішньопородний тип українських бджіл «Хмельницький». К: Пасічник. 2006. № 1. С. 12–13.

5. Поліщук В. П. Селекція українських бджіл. К: Пасіка. 2007. № 11. С. 2–5.

6. Григорків Л. М. Порівняльна оцінка якості бджіл від маток різних поколінь генеалогічних груп. К: Бджільництво України. 2018. Т. 1. № 3. С. 29–35. URL:https://www.journalbeekeeping.com.ua/index.php/1_4/article/view/107.

7. Ruttner. F. Zuchttechnik und Zuchtauslesebei der Biene.Ehrenwirth-Verlag. Germani. 1988. 138 p.

8. Подольский М. С., Буренін М. Л., Котова Г. М. Промислове бджільництво. Київ.: Вища школа,1988. 336 с.

9. Engel M. S. The Taxonomy of Recent and Fossil HoneyBees. Journal of Hymenoptera Research. 1999. Vol. 8(2). P. 165–196. ISSN 1070-9428. Архів оригіналу за 15 березня 2017.

10. Apismellifera mellifera in eastern Europe - morphometric variation and determination of its range limits/ M. D. Meixner et al. Apidologie, Springer Verlag. 2007. Vol. 38(2). P. 191–197. URL:https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00892245

11. DAWINO (Discriminant Analysis With Numerical Output). Morphometrical analysis and taxonometrical classification of honey bees by wing characters. URL:http://beedol.cz/dawino/DAWINO_prosp_EN.pdf.

12.Tofilski, A. Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honey beesubspecies. Apidologie. 2008. Vol. 39. P. 558–563

13. Папп В. В., Керек С. С. Дослідження породних ознак карпатських бджіл за допомогою програмного забезпечення «Beemorph». К:Бджільництво України. 2015. № 1. С. 103–109.

14. Cherevatov O. V., Panchuk I. I., Kerek S. S., Volkov R. A. Molecular diversity of the CoI-CoII spacer region in the mitochondrial genome and the origin of the Carpathian bee. Cytology and Genetics. 2019. no. 4. P. 13–14. DOI:10.3103/ S0095452719040030.

15. Галатюк О. Є. Збереження української степової породи бджіл. URL: https://kermanych90.wixsite.com/mysite-1/single-post/2018/03/21/збереження-української-степової-породи-бджіл.

16. Поліщук В. П. Бджільництво. Редакція журналу «Український пасічник». Львів. 2001 р. 296 с.

17. Яровець В., Бабенко В., Кривченко О. Морфометрія крил бджіл центральних та східних регіонів України. К: Пасіка. 2022. № 2. С. 22–25.

18. Tps Dig. URL:https://ru.freedownloadmanager.org/Windows-PC/tpsDig2. html.

19. Єріна А. М., Єрін Д. Л. Статистичне моделювання та прогнозування: підручник. К: КНЕУ. 2014. 348 с.

20. Яровець В. І., Бабенко В. В., Галатюк О. Є. Морфометрія крил бджіл за вісьмома ознаками (індексами): Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri, Ci.2, Ci.2.1, Ci.3. К: Бджільництво України. 2022. Т. 1. № 8. С. 65–71. DOI:10.46913/beekeepingjour nal.2022.8.10.

21. ДСТУ 4985:2008. Сім'ї бджолині української степової породи. Технічні умови. 2. Вимоги стандарту до морфоетологічних ознак бджіл. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ: 2008. 13 с.

22. Яровець В., Бабенко В., Можаровський І., Сакара П. Морфометрія крил деяких ліній породи «Сіра гірська кавказська». Львів: Український пасічник. 2021. № 6. 4 с.

23. Ruttner F., Tassencourt L., Louveaux J. Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera L.* Apidologie. 1978. Vol. 9(4). P. 363– 381. DOI:10.1051/apido:19780408.

24. Яровець В., Бабенко В., Ферцак М., Швед О. Морфометрія крил робочих бджіл регіону Карпат (Стрийський район, Сколівська громада). К: Пасіка. 2023. № 1. С. 21–23.

25. Ліпатов В., Яровець В. Морфометричні еталони крил робочих бджіл підвиду *A.m.carnica*. 2023. К: Пасіка. № 3. С. 16–18.

REFERENCES

1. Selektsiia ta rozvedennia bdzhil: navchalnyi posibnyk [Selection and breeding of bees: a study guide]. M. K. Bohdan, N. O. Kirovych, V. M. Yas′ko, S. O. Petrenko, YE. O. Kotlyar. Kyiv.: CONDOR Publishing House, 2018. – 228 p.

2. Apiculture. / Cherkasova, A. I. etc.; under the editorship A. I. Cherkasova. K: Harvest, 1989. 304 p. (in Ukrainian).

3. Polishchuk, V. P. (2001). Apiculture. K: Ukrainian Beekeeper Publishing House, 296 p. (in Ukrainian).

4. Polishchuk, V.P. (2006). Intrabreed type of Ukrainian bees "Khmelnytskyi". K: Beekeeper, no. 1, pp. 12–13. (in Ukrainian).

5. Polishchuk, V. P. (2007). Selection of Ukrainian bees. K: Apiary, no. 11, pp. 2–5. (in Ukrainian).

6. Hryhorkiv, L. M. (2018). Comparative assessment of the quality of bees from queens of different generations of genealogical groups. K: Beekeeping of Ukraine, Vol. 1, no. 3, pp. 29–35. Available at:https://www.journalbeekeeping.com.ua/index. php/1_4/article/view/107 (in Ukrainian).

7. Ruttner, F. (1988). Zuchttechnik und Zuchtauslesebei der Biene. Ehrenwirth-Verlag. Germani, 138 p.

8. Podolsky M. S., Burenin M. L., Kotova H. M. Promyslove bdzhilnytstvo [Industrial beekeeping]. Kyiv.: Higher School, 1988. 336 p.

9. Engel, Machael S. (1999). The Taxonomy of Recent and Fossil HoneyBees. Journal of Hymenoptera Research. Vol. 8 (2), pp. 165–196. ISSN 1070-9428. Archived from the original on March 15, 2017.

10. Meixner, M. D., Worobik, M., Wilde, J., Fuchs, S., Koenigen, N. (2007). *Apis mellifera mellifera* in eastern Europe - morphometric variation and determination of its range limits. Apidologie, Springer Verlag. Vol. 38(2), pp. 191–197. Available at:https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00892245.

11. DAWINO (Discriminant Analysis With Numerical Output). Morphometrical analysis and taxonometrical classification of honey bees by wing characters. Available at:http://beedol.cz/dawino/DAWINO_prosp_EN.pdf.

12. Tofilski, A. (2008). Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honey beesub species. Apidologie. Vol. 39, pp. 558–563.

13. Papp, V. V., Kerek, S. S. (2015). Study of breed characteristics of Carpathian bees using the "Beemorph" software. K: Beekeeping of Ukraine, no. 1, pp. 103–109. (in Ukrainian).

14. Cherevatov, O. V., Panchuk, I. I., Kerek, S. S., Volkov, R. A. (2019). Molecular diversity of the CoI-CoII spacer region in the mitochondrial genome and the origin of the Carpathian bee. Cytology and Genetics. no. 4, pp. 13–14. DOI:10.3103/S0095452719040030.

15. Galatiuk O. Ye. Zberezhennia ukrainskoi stepovoi porody bdzhil [Preservation of the Ukrainian steppe breed of bees]. URL: https://kermanych90.wixsite.com/mysite-1/single-post/2018/03/21/збереження-української-степової-породи-бджіл.

16. Polishchuk V. P. Bdzhilnytstvo [Beekeeping]. Editorial office of the magazine "Ukrainian beekeeper". Lviv. 2001. 296 p.

17. Yarovets, V., Babenko, V., Kryvchenko, O. (2022). Morphometry of the wings of bees in the central and eastern regions of Ukraine. K: Apiary, no. 2, pp. 22–25. (in Ukrainian).

18. Tps Dig. Available at:https://ru.freedownloadmanager.org/Windows-PC/tps Dig2.html.

19. Yerina, A.M., Yerin, D.L. (2014). Statistical modeling and forecasting: a textbook. K: KNEU, 348 p. (in Ukrainian).

20. Yarovets, V. I., Babenko, V. V., Galatiuk, O. E. (2022). Morphometry of bee wings according to eight signs (indexes): Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri, Ci.2, Ci.2.1, Ci.3. K: Beekeeping of Ukraine, Vol. 1, no. 8, pp. 65–71. DOI:10.46913/beekeeping journal.2022.8.10 (in Ukrainian).

21. DSTU 4985:2008. Bee families of the Ukrainian steppe breed. Specifications. 2. Requirements of the standard for morpho-ethological features of bees. [Effective from 2010-01-01]. Kind. officer Kyiv: 2008, 13 p. (in Ukrainian).

22. Yarovets, V., Babenko, V., Mozharovskyi, I., Sakara, P. (2021). Wing morphometry of some lines of the "Caucasian Mountain Gray" breed. Lviv: Ukrainian beekeeper, no. 6, 4 p. (in Ukrainian).

23. Ruttner, F., Tassencourt, L., Louveaux, J. (1978). Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera L.* Apidologie. Vol. 9(4), pp. 363–381. DOI:10.1051/apido:19780408.

24. Yarovets, V., Babenko, V., Fertsak, M., Shved, O. (2023). Morphometry of the wings of worker bees of the Carpathian region (Strysky district, Skolivska hromad). K: Apiary, no. 1, pp. 21–23. (in Ukrainian).

25. Lipatov, V., Yarovets, V. (2023). Morphometric standards of wings of worker bees of the subspecies *A.m.carnica.* K: Pasika, no. 3, pp. 16–18. (in Ukrainian).

Wing morphometry of worker bees in the central and northern parts of Ukraine.

Galatyuk O., Yarovets V., Babenko V., Cherevatov V., Grigorenko A., Strilchuk M., Kryvchenko O.

In the flat forest-steppe region of Ukraine, several evolutionary lines of honey bees subspecies *Apis mellifera mellifera L., Apis mellifera macedonica* Ruttner, and Apis mellifera caucasica Pollmann are believed to be widespread, the territorial boundaries and within-population relationships of which require detailed study.Wing morphometry is one of the available methods for establishing the wing phenotype and morphological features of bees in general. However, the completeness and degree of study of the morphometric features of bee populations present in the territory of Ukraine are insufficient.

The aim of the study was to carry out a more accurate and thorough classification of wings, establish morphometric standards of worker bees of local populations of Ukrainian steppe bees, create a methodology for assessing possible hybridization by wing phenotype, and attempt to find bee families with queens suitable for further breeding. To achieve this goal, classical morphometry was used to study the wing phenotype using 8 features: traditional - Ci, Dbi, Disc.sh, Pci, Ri, and additional features proposed by the authors - Ci.2, Ci.3, Ci.2.1, which allowed to increase the level of confidence in the quality of statistical data processing of wing features.

Using discriminant analysis of the data and the Statistica software package, a classifier was created and 3717 wings were classified. With sufficient reliability (95.6 %), the wings of 28 bee families were divided into five clusters.

Five arrays of standards were formed, two of which probably belong to the population of Ukrainian steppe bees subspecies *A. m. macedonica*, one to subspecies *A. m. Carnica* Pollmann, two to hybrids of Ukrainian steppe bees and the Polissya population of subspecies *A. m. mellifera*. A significant similarity in phenotypes was established between two clusters of investigated wings and wings of bees from the Carpathian region, and the hybridization of worker bees of the indicated territory was determined by the Polissya population of subspecies *A. m. mellifera*.

It is shown how, in the presence of standard data of worker bee wing features obtained as a result of this work and others formed in another, it is possible to use discriminant analysis to correctly classify wings and assess the possible hybridization of bees.

Formed arrays of five new standards can be used in subsequent studies as standards of comparison.

Key words: Morphometry of wings, classification of worker bees, discriminant analysis.

Copyright: Галатюк О.Є. 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:
Галатюк О.Є. https://orcid.org/0000-0002-9720-0660
Яровець В.І. https://orcid.org/0000-0001-7083-8130
Бабенко В.В. https://orcid.org/0000-0002-4278-6473
Череватов В.Ф. https://orcid.org/0000-0003-4785-1913
Григоренко А.М. https://orcid.org/0000-0003-4301-0674
Стрільчук М.С. https://orcid.org/0000-0001-6799-073X

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

УДК 638.19:638.1:633.31

Вплив способу консервації бджолиного обніжжя на розвиток глоткової залози у медоносних бджіл *Apis mellifera L*

Ковальський Ю.В.[1], **Періг М.Д.**[2]

[1] *Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*
[2] *Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН*

Періг М.Д. E-meil: prikarpatmed@ukr.net

OPEN ACCESS

Ковальський Ю.В., Періг М.Д. Вплив способу консервації бджолиного обніжжя на розвиток глоткової залози у медоносних бджіл *Apis mellifera L*. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 88–96.

Kovalskyi Yu., Perig N. The effect of the method of preservation of bee honey on the development of the pharyngeal gland in honey bees *Apis mellifera L*. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 88–96.

Рукопис отримано: 20.03.2023 р.
Прийнято: 03.04.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-88-96

Сучасні сільськогосподарські системи передбачають використання великих монокультур, що суттєво обмежує різноманітність квітів для бджіл. У статті представлено дані щодо біохімічного складу монофлорного обніжжя та його впливу на розвиток глоткових залоз у медоносних бджіл. Проведені дослідження дають підставу вважати, що вміст протеїну в бджолиному обніжжі залежить від видового походження та методу консервації. Досліджені зразки щодо вмісту протеїну показують, що його кількість коливається в межах від 11,9 до 24,9 %. Максимальну кількість протеїну виявлено у свіжому ріпаковому та яблуневому обніжжі. Для вивчення впливу монофлорних дієт на ріст і розвиток глоткової залози було сформовано 9 груп бджолиних сімей-аналогів по 3 в кожній, яким вводили в раціон три види корму. Перший вид – це свіже обніжжя з таких рослин: яблуня, кульбаба, ріпак озимий, гречка, конюшина, каштан, малина. Другий вид – це аналогічне обніжжя, але після річного зберігання за умов глибокого заморожування. Раціон третього виду складався зі зазначеного обніжжя, але у процесі заготівлі воно було висушеним. Водночас сформовану групу бджолиних сімей було розділено ще на дві підгрупи. Одні споживали змішане обніжжя у рівних пропорціях, інші не мали жодних протеїнових кормів. Тривалість досліду становила 15 діб. На 10 добу проводили визначення розвитку ацинусів глоткової залози. За морфометрією ацинусів та динамікою наповнення везикул найкращі показники отримано у групі бджіл, які споживали змішане бджолине обніжжя. Виявлене високоймовірне збільшення довжини та ширини ацинусів глоткової залози на 36,4 та 34,7 %, порівняно з бджолами, які зовсім не споживали квіткового пилку. Повністю проявила свій потенціал щодо продукування маточного молочка група бджіл, яка в раціоні отримала свіже ріпакове та яблуневе обніжжя. Найгірший розвиток глоткової залози виявлено у групі бджіл, яка споживала висушене обніжжя з кульбаби. У цій групі площа ацинусів коливалась у межах від 15,5 до 16,4 тис. мкм^2. Виявлено залежність між умістом протеїну в раціоні та ступенем розвитку глоткової залози. З-поміж досліджених способів його консервації умови глибокого заморожування виявились найкращими. Застосування експериментальних монофлорних дієт має негативний вплив на інтер'єрні показники організму медоносних бджіл.

Ключові слова: *Apis mellifera L.*, глоткова залоза, живлення, протеїн, квітковий пилок, зберігання обніжжя.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Медоносні бджоли великою мірою залежать від наявності квіткових ресурсів, з яких вони отримують необхідні для їх росту та розвитку поживні речовини [1–6]. Водночас на наявність медоносних ресурсів впливає інтенсифікація сільського господарства та зміна ландшафту. Існує проблема збіднення різноманітності квіткових ресурсів, що призводить до недостатності харчування бджіл і ставить під загрозу їх розвиток. Сприятливий вплив наявності пилку на здоров'я бджіл добре відомий [7–11]. Деякі дослідники отримали позитивний ефект щодо розвитку глоткових залоз і яєчників за згодовування бджолиного обніжжя. Автори роблять висновок про те, що залежно від хімічного складу корму суттєво змінюється інтенсивність і ріст яєчників. Для апробації дослідники обрали пилок яблуні, ріпаку, фацелії, соняшника та сосни. Однак дослідження проводили за використання лише свіжого і замороженого обніжжя [12]. Було вивчено зв'язок між кількістю спожитого пилку та титрами вітелогеніну (Vg) і ювенільного гормону (JH) у гемолімфі африканізованих робочих бджіл (*Apis mellifera)*. Аналіз гемолімфи молодих робітників, яких годували дієтами з різним умістом пилку, показав, що Vg, але не титр JH, залежить від споживання пилку. Робітники, яких годували 50 % пилком, мали вищі рівні Vg, ніж працівники, яких годували 15 % пилком. Дієта з нульовим умістом пилку суттєво погіршувала титр Vg, який зазвичай спостерігається в перші дні дорослого життя [13]. Деякі автори досліджували вплив споживання бджолиного обніжжя у раціонах тварин. Зокрема, поїдання курчатами по 300 мг обніжжя зумовлювало збільшення маси тимусу. Періодична добавка бджолиного обніжжя є достатньою для зміцнення здоров'я та імунної відповіді курчат-бройлерів, з 40 % економією витрат на добавку [14]. Однак відомі і негативні результати за споживання квіткового пилку. Так, додавання деяких його видів знижувало життєздатність клітин, призводило до накопичення маркерів проліферації та апоптозу, вивільненню IGF-I. Біологічна активність бджолиного пилку щодо його стимулювальної дії на проліферацію клітин яєчників у свиней розподіляється наступним чином (за спаданням): кульбаба, верба, кукурудза, вільха, ріпак. Бджолиний пилок може сприяти проліферації клітин яєчників свиней, сприяючи вивільнення IGF-I, однак він індукує домінування апоптозу над проліферацією та зниження життєздатності клітин яєчників видоспецифічним способом [15]. Деякі автори вивчали можливий вплив бджолиного пилку з ріпаку озимого, доданого до кормової суміші, на вивільнення інсуліноподібного фактора росту (IGF-I) і стероїдних гормонів (прогестерону та естрадіолу), а також на експресію маркерів апоптозу (Bcl-2, Bax і каспаза-3) у фрагментах яєчників щурів. Вони, зокрема, встановили, що відбувається накопичення каспази-3 після годування бджолиним пилком у дозі 5кг/1000 кг корму [16, 17]. Однак залишається маловивченим питання щодо впливу якості і різноманітності корму на фізіологічні зміни в організмі бджіл. У періоди дефіциту пилку бджоли змушені шукати корм на альтернативних культурах, таких як кукурудза. Вважають, що пилок кукурудзи є другорядним джерелом їжі для бджіл, оскільки в ньому не вистачає білків і незамінних амінокислот. У кукурудзі було виявлено низьку концентрацію гістидину, водночас кількість усіх інших незамінних амінокислот була більшою, ніж у змішаному пилку. При цьому його споживання не викликало жодних негативних змін імунологічних ефектів та параметрів гуморального імунітету. Споживання раціонів, у складі яких був наявний лише пилок кукурудзи, супроводжувалося зменшенням показників вирощування розплоду та тривалості життя [18].

Харчовий стрес є основним фактором, що призводить до зменшення популяції медоносної бджоли (*Apis mellifera L.*) [19]. Науковцями досліджено, що монофлорний пилок кукурудзи або пилок авокадо має гірший вплив на розвиток гіпофарингіальних залоз. При цьому виявлено нижчий уміст білка в гемолімфі та імунну відповідь у вигляді літичної активності, а також активність профенолоксидази в гемолімфі, порівняно з поліфлорними дієтами [20]. Відомі експерименти, у яких перевірено вплив якості монофлорного пилкового раціону, порівняно з поліфлорним, на деякі фізіологічні показники бджіл. Автори зробили висновок про те, що поліфлорний пилок позитивно впливає на розвиток гіпофарингеальних залоз і рівень вітелогеніну, а також на толерантність до паразита мікроспоридії *Nosemaceranae*. Шляхом вимірювання тривалості життя бджіл та активності ферментів, які залучені до захисної реакції бджіл (глутатіон-S-трансфераза, фенолоксидазиа, лужна фосфатаза), дослідники виявили, що як на фізіологію бджіл-годувальниць, так і на толерантність до паразита впливає якість пилку. Різноманітність раціону пилку не вплинула на фізіологію бджіл-годувальниць і виживання здорових бджіл. Однак у разі захворювання нозематозом, бджоли, яких годували поліфлорною сумішшю, жили довше, порівняно з бджолами, яких годували монофлорним пилком, за винятком монофлорного пилку, який був більш

багатий на білок. Крім того, тривалість життя позитивно корелювала з активністю лужної фосфатази у здорових бджіл і з активністю фенолоксидази в інфікованих бджіл [21–22].

Отже, у розрізі проведеного аналізу літературних даних щодо якості і різноманіття споживання квіткового пилку, залишається маловивченим питання впливу живлення бджіл монофлорним обніжжям на їхній розвиток. Таке явище спостерігають у випадку, коли пасіка оточена великими посівами, наприклад, соняху чи ріпаку озимого. У цьому сенсі монокультури мають велике поширення в Україні, та їхній вплив на фізіологію та морфологію *Apis. mellifera L*. невідомий.

Мета дослідження – вивчення впливу монофлорного обніжжя на розвиток глоткових залоз у медоносних бджіл.

Матеріал і методи досліджень. Роботу виконано впродовж 2020–2022 років на кафедрі технології виробництва та переробки продукції дрібних тварин Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького. Дослідження проведено у кілька етапів. Метою першого етапу було отримання бджолиного обніжжя, проведення його ідентифікації зберігання. Для цього у сезон 2020–2021 рр. за допомогою навісних пиловловлювачів проводили відбір бджолиного обніжжя. Бджолині сім'ї карпатської породи утримувались протягом досліджень у вертикальних вуликах. Обніжжя було відокремлене і відсортоване вручну за кольором. У подальшому ідентифікували пилкові зерна. Для цього пилок певного кольору поміщали в краплю гліцерину і досліджували видову належність під мікроскопом за 400-кратного збільшення. Свіже обніжжя поміщали у флакони помаранчевого кольору об'ємом 450 мл. Їх щільно закривали кришками і зберігали у замороженому стані за температури – 18 °С. Ще одну групу дослідних зразків зберігали традиційним методом. Його суть полягає у висушуванні обніжжя у температурному діапазоні 37–38 °С. Період зберігання – 8–12 місяців.

На другому етапі визначали кількість протеїну у всіх відібраних зразках. Дослідженню піддавалось як свіже обніжжя, так і після зберігання. Концентрацію загального азоту в біологічному матеріалі визначали за методом К'єльдаля. При визначенні кількості протеїну використовували коефіцієнт 6,25 [23, 24].

Метою третього етапу було тестування семи різних пилкових дієт для бджіл, приготованих з певного виду пилку. Тривалість згодовування бджолам становила 15 діб. Для вивчення впливу монофлорного обніжжя на розвиток медоносних бджіл було сформовано 9 груп аналогів по три в кожній. Досліджуване обніжжя масою 0,5 кг засипали у стільник і поміщали у гніздо бджолиної сім'ї. Для зниження впливу сторонніх кормів на льоток усіх вуликів навішували пилковловлювачі.

Заключний етап досліджень полягав у вивченні впливу протеїнових кормів на деякі фізіологічні показники розвитку інтер'єру. Бджіл, які споживали різноманітні корми, було досліджено щодо розвитку глоткових залоз. Методика для досліджень залози полягала у тому, що обидві залози видаляли шляхом розтину капсули голови лезом у напряму від простих очей до нижньої щелепи [25, 26]. Після препарування обидві гілки залози поміщали у фосфатно-сольовий буфер за pH 7,3. Залози видаляли від довільно відібраних бджіл, які знаходились на розплоді, на 10 добу. Морфометрію ацинусів глоткової залози здійснювали за збільшення 140 (об. 20 х ок. 7). Весь цифровий матеріал досліджень піддавали статистичній обробці [27] з використанням стандартного програмного забезпечення «StatPlus 2008». Відмінності між середніми показниками бджіл дослідної групи до контрольної вважали статистично достовірними за $P<0,05$ – *; $P<0,01$ – **; $P<0,001$ – ***.

Результати дослідження та обговорення. Для нормального розвитку організму необхідне регулярне споживання корму, який забезпечує надходження нутрієнів. Основним джерелом цукрів вважається нектар, а протеїни, ліпіди, мінеральні речовини, вітаміни та інші біологічно активні речовини бджолина сім'я отримує завдяки споживанню квіткового пилку (рис.1).

Згідно із завданням першого етапу досліджень, відібрано та ідентифіковано сім видів монофлорного обніжжя. У господарстві, де утримували піддослідні сім'ї, квітковий пилок з яблуні, ріпаку озимого, малини, каштану, конюшини, гречки найбільш масово поступав у гніздо. У період цвітіння зазначених медоносів у лотках пилковловлювачів їх масова частка становила 80–95 %. Дослідження бджолиного обніжжя щодо вмісту протеїну показують, що його вміст коливається в межах від 11,9 до 24,9 %. Максимальну кількість протеїну виявлено в ріпаковому та яблуневому обніжжі. Після цього досліджені зразки для зберігання було розділено на дві групи. Першу групу піддавали глибокому заморожуванню за температури -18 ºС. Зразки другої групи висушувались за температури +38 ºС. Термін зберігання обніжжя коливався від 8 до 12 місяців. Після річного терміну дослідний корм згодовували бджолиним сім'ям. На десяту добу досліджували морфометричні показники ацинусів глоткової залози (табл.1).

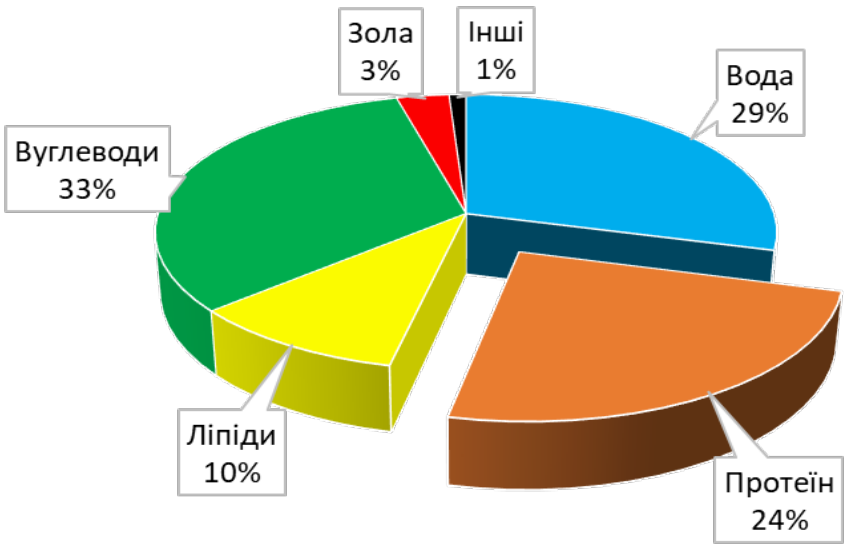


Рис.1. **Хімічний склад ріпакового бджолиного обніжжя, %.**

Таблиця 1 – **Морфометричні показники ацинусів глоткової залози медоносних бджіл при споживанні свіжого обніжжя,** (M±m)

Тип раціону	Розмір ацинусів					
	довжина, мкм		ширина, мкм		площа, тис. мкм^2	
	M±m	lim	M±m	lim	M±m	lim
Без обніжжя (контроль)	150,9±16,09	174,9−147,8	126,8±5,32	135,3−101,9	15,7±1,41	16,19−15,01
Яблуневе	200,1±13,21***	215,0−191,2	160,1±17,56***	166,0−150,3	24,7±8,21***	25,61−23,06
Кульбабове	160,3±11,35	169,4−159,1	128,2±9,46	134,2−96,0	18,9±1,74*	19,16−18,65
Ріпакове	208,1±12,36***	216,3−194,2	170,3±9,49***	172,3−162,4	27,2±1,65***	28,19−26,81
Гречане	180,0±15,64	208,7−173,9	148,1±18,68	156,4−134,5	21,6±1,92	22,68−20,01
Конюшинове	192,9±19,31***	201,8−190,4	159,5±11,22***	161,6−141,8	20,7±1,77***	21,99−19,69
Каштанове	170,3±16,56*	187,9−165,9	140,4±10,70*	144,9−135,7	18,7±1,81*	19,81−18,22
Малинове	181,8±19,90***	200,0−170,1	150,8±8,28***	165,5−145,3	23,1±1,21***	23,75−22,02
Змішане	205,9±12,55***	207,2−193,6	170,8±16,87***	181,0−152,3	28,1±2,33***	28,41−25,01

Примітка. Статистично значуща різниця між групою без обніжжя (контроль) і дослідним обніжжям (* – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001).

Розвиток глоткової залози у бджіл є надійним і чутливим показником використання протеїну, який вказує на якість пилку. Загальний аналіз розвитку глоткової залози у дослідних бджіл переконливо свідчить, що тип пилку, який споживають робочі особини, має виражений вплив на залозу. Група особин, які були обмежені у доступі до протеїнового корму, мали найгірше розвинені ацинуси глоткової залози. Максимальна їх площа становила 16,19 мкм^2. Слід зауважити, що найбільші морфометричні показники ацинусів виявлено за споживання свіжого обніжжя. Так, максимальне наповнення везикул виявлено у тому випадку, коли бджоли мали можливість вільно поїдати ріпакове обніжжя. При чому залози були на 73,2 % більшими, порівняно з контрольною групою (P<0,001). Повністю прояви-

ла свій потенціал щодо продукування маточного молочка група бджіл, яка в раціоні отримала свіже яблуневе обніжжя. Так, довжина і ширина ацинусів глоткової залози була на 32,6 та 26,2 % більшою, порівняно з бджолами, які зовсім не споживали квіткового пилку. Проведені дослідження доповнюють дані про фізіологію розвитку залози. Кількість протеїну в раціоні має фундаментальне значення в продукуванні маточного молочка. Однак морфометрія ацинусів та динаміка наповнення везикул вказує на те, що найкращі показники виявлено у групі бджіл, які споживали змішане бджолине обніжжя. Виявлено достовірне збільшення довжини та ширини ацинусів глоткової залози на 36,4 та 34,7 %, порівняно з контрольною групою.

Глоткові і нижньощелепові залози активно виділяють маточне молочко, яке є кормом для розплоду [28]. Для його синтезу бджоли-годувальниці споживають і перетравлюють велику кількість пилку [29]. Маточне молочко, яким наповнені залози, вважається кінцевим продуктом переробки протеїну обніжжя [30]. Тому якість корму, який отримує розплід, і особливо матка, потенційно може впливати на загальну швидкість росту бджолиної сім'ї. Водночас тривалість робочих особин безпосередньо залежить від загальної кількості спожитого протеїну.

Згідно з проведеними дослідженнями, у разі споживання свіжого обніжжя, загальний розвиток глоткової залози особливо не відрізнявся, порівняно з групою бджіл, що споживали заморожене обніжжя (рис.1).

Основним фактором, який впливає на зазначені показники, є кількість протеїну в кормі. Ці результати узгоджуються з дослідженнями авторів, які повідомляють про незначну зміну вмісту нутрієнів пилку після зберігання корму шляхом заморожування [12]. Однак морфометричні проміри виявили зменшення наповнення ацинусів маточним молочком у деяких раціонах. У групі бджіл, які отримували як корм висушене обніжжя, зафіксовано найгірші показники розвитку та наповнення ацинусів глоткової залози. Так, площа ацинусів за споживання обніжжя з озимого ріпаку становила 27,2 тис мкм^2, що на 16,9 % менше, порівняно з показниками розвитку ацинусів, які споживали свіже обніжжя. Припускаємо, що такі дані отримано внаслідок погіршення або зниження доступності білків. Висушування протеїнового корму знижує привабливість і смакові якості обніжжя, що, в основному, залежить від його ліпідного складу [31]. За такого способу зберігання можливе зниження вмісту деяких біологічно активних речовин, зокрема вітамінів та інших сполук.

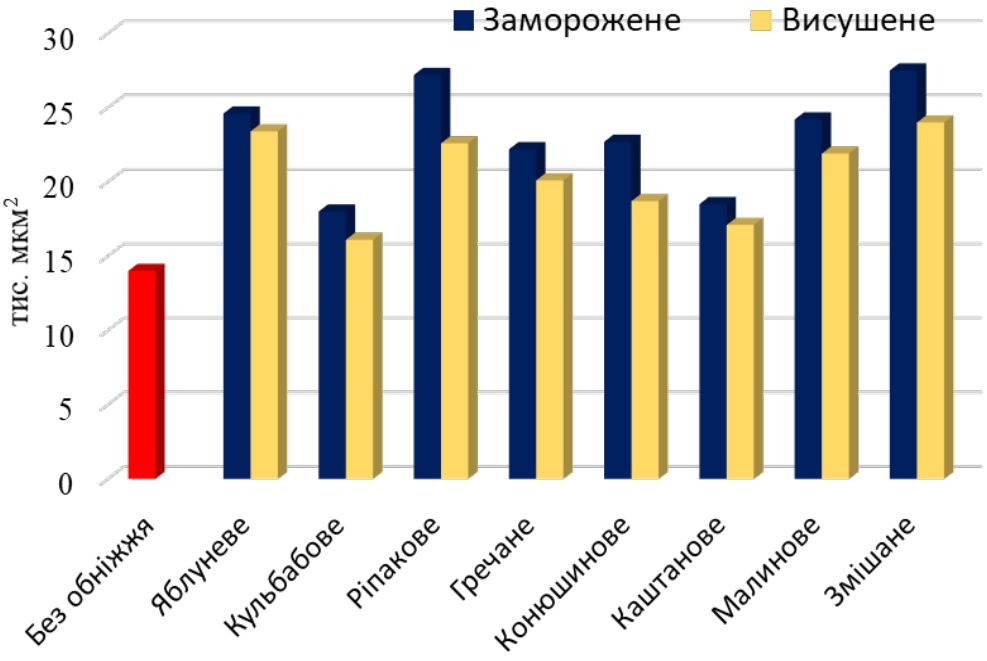


Рис. 2. **Площа ацинусів глоткової залози за різного способу живлення, тис. мкм^2.**

З практичної точки зору, можна рекомендувати використання 1-річного замороженого обніжжя як спосіб підгодівлі бджіл.

Сучасні сільськогосподарські системи передбачають використання великих монокультур, що суттєво обмежує різноманітність квітів для бджіл. Тому проведені дослідження вказують на доцільність корекції раціону для медоносних бджіл.

Висновок. Максимальний розвиток глоткової залози виявлено за споживання свіжого бджолиного обніжжя. З досліджених способів його консервації умови глибокого заморожування виявились найкращими.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Frias B. E. D., Barbosa C. D., Laurenco A. P. Pollen nutrition in honey bees (*Apis mellifera*): Impact on adult health. Apidologie. 2016. 47. P. 15–25. DOI:10.1007/s13592-015-0373-y.

2. Ecological stoichiometry of the honeybee: Pollen diversity and adequate species composition are needed to mitigate limitations imposed on the growth and development of bees by pollen quality / M. Filipiak et al. PLoS ONE. 2017. 12:e0183236. DOI:10.1371/journal.pone. 0183236.

3. Haase A., Hoffmann K. Pollen Diet – Properties and Impact on a Bee Colony. Insects. 2021. 12(9). 798 p. DOI:10.3390/insects12090798.

4. Interacting stressors matter: Diet quality and virus infection in honeybee health / A.G. Dolezal et al. R. Soc. Open Sci. 2019. 6:181803. DOI:10.1098/rsos.181803.

5. Hemolymph Metabolism Analysis of Honey Bee (*Apis mellifera L.*). Response to Different Bee Pollens / H. Chang et al. Insects. 2022. 30. 14(1). 37 p. DOI:10. 3390/insects14010037.

6. Taha E., Al-Kahtani S., Taha R. Protein content and amino acids composition of bee-pollens from major floral sources in Al-Ahsa, eastern Saudi Arabia. Saudi J Biol Sci. 2019. 26(2). P. 232–237. DOI:10.1016/j.sjbs.2017.06.003.

7. Connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional needs of honey bee (*Apis mellifera L.*) colonies / G. DeGrandi-Hoffman et al. J Insect Physiol. 2018. 109. P. 114–124. DOI:10.1016/j.jinsphys.2018.07.002.

8. Variations in the Availability of Pollen Resources Affect Honey Bee Health / G. Di Pasquale et al. PLoS One. 2016. 15. 11 (9):e0162818. DOI:10.1371/journal.pone.0162818.

9. Corby-Harris V., Snyder L. (2018). Measuring Hypopharyngeal Gland Acinus Size in Honey Bee (*Apis mellifera L.*) Workers. J Vis Exp. 2018. (139). 58261 p. DOI:10.3791/58261.

10. Corby-Harris V., Snyder L., Meador C., Ayotte T. (2018). Honey bee (*Apis mellifera L.*) nurses do not consume pollens based on their nutritional quality. PLoS One. 2018. 13(1):e0191050. DOI:10.1371/journal.pone.0191050.

11. Wright G. A., Nicolson S. W., Shafir S. Nutritional Physiology and Ecology of Honey Bees. Annu Rev Entomol. 2018. 7. 63. P. 327–344. DOI:10.1146/annurev-ento-020117-043423.

12. Liolios V., Tananaki C., Kanelis D. The microbiological quality of fresh bee pollen during the harvesting process. Journal of Apicultural Research. Published online: 03 Nov 2022. 2022. DOI:10.1051/apido:2000130.

13. Zheng B., Wu Z., Xu B. The Effects of Dietary Protein Levels on the Population Growth, Performance, and Physiology of Honey Bee Workers During Early Spring. J Insect Sci. 2014. 14. 191 p. DOI:10.1093/jisesa/ieu053.

14. Blood Hematological and Biochemical Constituents, Antioxidant Enzymes, Immunity and Lymphoid Organs of Broiler Chicks Supplemented with Propolis, Bee Pollen and Mannan Oligosaccharides Continuously or Intermittently / Y. Attia et al. 2017. 96(12). P. 4182–4192. DOI:10.3382/ps/pex173.

15. Bee pollens originating from different species have unique effects on ovarian cell functions / A. Sirotkin et al. Pharm Biol. 2020. 58(1). P. 1101–1106. DOI:10. 1080/13880209.2020.1839514.

16. Consumption of bee pollen affects rat ovarian functions / A. Kolesarova et al. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2013. 97(6). P. 1059–1065. DOI:10.1111/jpn.12013.

17. The effect of bee pollen on secretion activity, markers of proliferation and apoptosis of porcine ovarian granulosa cells *in vitro* / A. Kolesarova et al. J Environ Sci Health B. 2011. 46(3). P. 207–212. DOI:10.1080/03601234.2011.540202.

18. Evaluation of the nutritive value of maize for honey bees / N. Höcherl et al. J Insect Physiol. 2012. 58(2). P. 278–285. DOI:10.1016/j.jinsphys.2011.12.001.

19. Impact of nutritional stress on the honeybee colony health / B. Branchiccela et al. Sci Rep. 2015. 9. 10156 p. DOI:10.1038/s41598-019-46453-9.

20. Béjar V., Garduño J., Calvillo K., García E. Survival, Body Condition, and Immune System of Apis mellifera liguistica Fed Avocado, Maize, and Polyfloral Pollen Diet. Neotrop Entomol. 2022. 51(4). P. 583–592. DOI:10.1007/s13744-022-00974-7.

21. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? / G. Pasquale et al. PLoS One. 2013. 5. 8(8):e72016. DOI:10.1371/journal.pone.0072016.

22. Azzouz-Olden F., Hunt A., DeGrandi-Hoffman G. Transcriptional response of honey bee (Apis mellifera) to differential nutritional status and Nosema infection. BMC Genomics. 2018. 19(1). 628 p. DOI:10.1186/s12864-018-5007-0.

23. Kjeldahl J. Neue Methode sur Bestimmung der Stickstoffs in organischen Korpern. S. Anal. Shem., 1883. no. 22. 366 p.

24. Stabler D., Power E., Borland A. A method for analysing small samples of floral pollen for free and protein-bound amino acids. Methods Ecol Evol. 2018. 9(2). P. 430–438. DOI:10.1111/ 2041-210X.12867.

25. Kovalskyi Yu. V., Kyryliv Ya. I. The influence of the vital range of temperature on the physiological, biochemical and morphological parameters of honey bees (*Apis mellifera L.*) in the post-embryonic period: methodological recommendations. Lviv: Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv. 2014. 105 p.

26. Kovalskyi Yu. V., Kirillov Ya. I. The effect of reduced incubation temperature of honey bee brood on the morphological features of the structure of the pharyngeal gland. Scientific herald of Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv. Lviv. 2014. Vol. 16. no. 3 (60). Part 2. P. 141–147.

27. Щербатий З. Є., Кос В. Ф., Кропивка Ю. Г. Генетика з біометрією. (Лабораторно-практичний курс). Львів, 2014. 288 с.

28. Activity of salivary glands in secreting honey-elaborating enzymes in two subspecies of honeybee (*Apis mellifera* L.) / A. Al-Sherif et al. Physiologicak Entomology. First published: 29 August. 2017. DOI:10.1111/phen.12213.

29. Smodiš Škerl M., Gregorc A. Characteristics of hypopharyngeal glands in honeybees (*Apis mellifera carnica*) from a nurse colony. Slov Vet Res. 2015. 52 (2). P. 67–74. UDC 638.121.2:638.144:612.4.09:612.33.

30. Seydur R., Ibamelaker T., Sudhanya R. Hypopharyngeal Gland Activity in Task-Specific Workers Under Brood and Broodless Conditions in Apis Cerana Indica (Fab.). Journal of Apicultural Science. 2014. 58(2). P. 59–70. DOI:10.2478/jas-2014-0022.

31. Keskin M., Özkök A. Effects of drying techniques on chemical composition and volatile constituents of bee pollen. Czech J. Food Sci., 2020. 38. P. 203–208. DOI:10.17221/79/2020-CJFS.

REFERENCES

1. Frias, B. E. D., Barbosa, C. D., Laurenco, A. P. (2016). Pollen nutrition in honey bees (*Apis mellifera L.*). Impact on adult health. Apidologie. 47, pp. 15–25. DOI:10.1007/s13592-015-0373-y.

2. Filipiak, M., Kuszewska, K., Asselman, M., Denisow, B., Stawiarz, E., Woyciechowski, M., Weiner, J. (2017). Ecological stoichiometry of the honeybee: Pollen diversity and adequate species composition are needed to mitigate limitations imposed on the growth and development of bees by pollen quality. PLoS ONE. 12:e0183236. DOI:10.1371/journal.pone.0183236.

3. Haase, A., Hoffmann, K. (2021). Pollen Diet–Properties and Impact on a Bee Colony. Insects. 12(9), 798 p. DOI:10.3390/insects12090798.

4. Dolezal, A. G., Carrillo-Tripp, J., Judd, T. M., Allen Miller, W., Bonning, B. C., Toth, A. L. (2019). Interacting stressors matter: Diet quality and virus infection in honeybee health. R. Soc. Open Sci., 6:181803. DOI:10.1098/rsos.181803.

5. Chang, H., Ding, G., Jia, G., Feng, M., Huang, J. (2022). Hemolymph Metabolism Analysis of Honey Bee (*Apis mellifera L.*) Response to Different Bee Pollens. Insects. 30, 14(1), 37 p. DOI:10.3390/insects14010037.

6. Taha, E., Al-Kahtani, S., Taha, R. (2019). Protein content and amino acids composition of bee-pollens from major floral sources in Al-Ahsa, eastern Saudi Arabia. Saudi J Biol Sci., 26(2), pp. 232–237. DOI:10.1016/j.sjbs.2017.06.003.

7. DeGrandi-Hoffman, G., Gage, S. L., Corby-Harris, V., Carroll, M., Chambers, M., Graham, H., Watkins deJong, E., Hidalgo, G., Calle, S., Azzouz-Olden, F., Meador, C., Snyder, L., Ziolkowski, N. (2018). Connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional needs of honey bee (*Apis mellifera L.*) colonies. J Insect Physiol.,109, pp. 114–124. DOI:10.1016/j.jinsphys.2018.07.002.

8. Di Pasquale, G., Alaux, C., Le Conte, Y., Odoux, J. F., Pioz, M., Vaissière, B. E., Belzunces, L. P., Decourtye, A. (2016). Variations in the Availability of Pollen Resources Affect Honey Bee Health. PLoS One. 15, 11(9):e0162818. DOI:10.1371/journal.pone.0162818.

9. Corby-Harris,V., Snyder, L.(2018). Measuring Hypopharyngeal Gland Acinus Size in Honey Bee (*Apis mellifera L.*) Workers. J Vis Exp., (139), 58261 p. DOI:10. 3791/58261.

10. Corby-Harris, V., Snyder, L., Meador, C., Ayotte, T. (2018). Honey bee (*Apis mellifera*) nurses do not consume pollens based on their nutritional quality. PLoS One. 13(1):e0191050. DOI:10.1371/journal.pone.0191050.

11. Wright, G. A., Nicolson, S. W., Shafir, S. (2018). Nutritional Physiology and Ecology of Honey Bees. Annu Rev Entomol. 7, 63, pp. 327–344. DOI:10.1146/annurev-ento-020117-043423.

12. Liolios, V., Tananaki, C., Kanelis, D. (2022). The microbiological quality of fresh bee pollen during the harvesting process. Journal of Apicultural Research, Published online: 03 Nov 2022. DOI:10.1051/apido:2000130.

13. Zheng, B., Wu, Z., Xu, B. (2014). The Effects of Dietary Protein Levels on the Population Growth, Performance, and Physiology of Honey Bee Workers During Early Spring. J Insect Sci., 14, 191 p. DOI:10.1093/jisesa/ieu053.

14. Attia, Y., Al-Khalaifah, H., Ibrahim, M., Al-Hamid, A., Al-Harthi, M., El-Naggar, A. (2017). Blood Hematological and Biochemical Constituents, Antioxidant Enzymes, Immunity and Lymphoid Organs of Broiler Chicks Supplemented with Propolis, Bee Pollen and Mannan Oligosaccharides Continuously or Intermittently. 96 (12), pp. 4182–4192. DOI:10.3382/ps/pex173.

15. Sirotkin, A., Tarko, A., Alexa, R., Fakova, A., Alwasel, S., Harrath, A. (2020). Bee pollens originating from different species have unique effects on ovarian cell functions. Pharm Biol., 58 (1), pp. 1101–1106. DOI:10.1080/13880209.2020.183 9514.

16. Kolesarova, A., Bakova, Z., Capcarova, M., Galik, B., Juracek, M., Simko, M., Toman, R., Sirotkin, A.V. (2013). Consumption of bee pollen affects rat ovarian functions. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl), 97 (6), pp. 1059–1065. DOI:10.1111/ jpn.12013.

17. Kolesarova, A., Capcarova, M., Bakova, Z., Galik, B., Juracek, M., Simko, M., Sirotkin, A. (2011). The effect of bee pollen on secretion activity, markers of proliferation and apoptosis of porcine ovarian granulosa cells *in vitro*. J Environ Sci Health B, 46(3), pp. 207–212. DOI:10.1080/ 03601234.2011.540202.

18. Höcherl, N., Siede, R., Illies, I., Gätschenberger, H., Tautz, J. (2012). Evaluation of the nutritive value of maize for honey bees. J Insect Physiol., 58(2), pp. 278–85. DOI:10.1016/ j.jinsphys.2011.12.001.

19. Branchiccela, B., Castelli, L., Corona, M. (2019). Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. Sci Rep., 9, 10156 p. DOI:10.1038/ s41598-019-464 53-9.

20. Béjar, V., Garduño, J., Calvillo, K., García, E. (2022). Survival, Body Condition, and Immune System of Apis mellifera liguistica Fed Avocado, Maize, and Polyfloral Pollen Diet. Neotrop Entomol. 51(4), pp. 583–592. DOI:10.1007/s13744-022-00974-7.

21. Pasquale, G., Salignon, M., Conte, Y., Belzunces, L., Decourtye, A., Kretzschmar, A, Suchail, S., Brunet, J., Alaux, C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? PLoS One. 5, 8(8):e72016. DOI:10.1371/ journal.pone.0072016.

22. Azzouz-Olden, F., Hunt, A., DeGrandi-Hoffman, G. (2018). Transcriptional response of honey bee (*Apis mellifera L.*) to differential nutritional status and Nosema infection. BMC Genomics. 19(1), 628 p. DOI:10.1186/s12864-018-5007-0.

23. Kjeldahl, J. (1883). Neue Methode sur Bestimmung der Stickstoffs in organischen Korpern. S. Anal. Shem., no. 22, 366 p.

24. Stabler, D., Power, E., Borland, A. (2018). A method for analysing small samples of floral pollen for free and protein-bound amino acids. Methods Ecol Evol. 9(2), pp. 430–438. DOI:10.1111/ 2041-210X.12867.

25. Kovalskyi, Yu.V., Kyryliv, Ya.I. (2014). The influence of the vital range of temperature on the physiological, biochemical and morphological parameters of honey bees (Apis mellifera L.) in the post-embryonic period: methodological recommendations. Lviv: Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, 105 p.

26. Kovalskyi, Yu., Kyryliv, Ya. (2014). The effect of reduced incubation temperature of honey bee brood on the morphological features of the structure of the pharyngeal gland. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Vol. 16, no. 3 (60), Part 2, pp. 141−147.

27. Shcherbatyy, Z. Ye., Kos, V. F., Kropyvka, Yu. H. (2014). Henetyka z biometriyeyu [Genetics with biometrics]. (Laboratorno-praktychnyy kurs) [(Laboratory and practical course)]. Lviv, 288 p.

28. Al-Sherif, A., Mazeed, A., Ewis, M., Emad, A., Hagag, E., Kamel, A. (2017). Activity of salivary glands in secreting honey-elaborating enzymes in two subspecies of honeybee (*Apis mellifera L*). Physiologicak Entomology. First published: 29 August 2017. DOI:10.1111/phen. 12213.

29. Smodiš Škerl, M., Gregorc, A. (2015). Characteristics of hypopharyngeal glands in honeybees (*Apis mellifera carnica*) from a nurse colony. Slov Vet Res, 52 (2), pp. 67–74. UDC 638.121.2:638.144:612 .4.09:612.33.

30. Seydur, R., Ibamelaker, T., Sudhanya, R. (2014). Hypopharyngeal Gland Activity in Task-Specific Workers Under Brood and Broodless Conditions in *Apis Cerana Indica* (Fab.). Journal of Apicultural Science, 58(2), pp. 59–70. DOI:10.2478/jas-2014-0022.

31. Keskin, M., Özkök, A. (2020). Effects of drying techniques on chemical composition and volatile constituents of bee pollen. Czech J. Food Sci., 38, pp. 203–208. DOI:10.17221/79/2020-CJFS.

The effect of the method of preservation of bee honey on the development of the pharyngeal gland in honey bees *Apis mellifera L*

Kovalskyi Yu., Perig N.

Modern agricultural systems involve the use of large monocultures, which significantly limits the variety of flowers for bees. The article presents data on the biochemical composition of monofloral bee pollen and its influence on the development of pharyngeal glands in honey bees. The conducted studies give reason to believe that the protein content in bee pollen depends on the species origin and the preservation method. The studied samples for protein content show that its amount ranges from 11.9 to 24.9 %. The maximum amount of protein was found in fresh rapeseed and apple bee pollen. To study the influence of monofloral diets on the growth and development of the pharyngeal gland, 9 groups of analogous bee families were formed, 3 in each, which were fed three types of feed. The first type is fresh bee pollen from the following plants: apple tree, dandelion, winter rapeseed, buckwheat, clover, chestnut, raspberry. The second type is a similar bee pollen, only after a year of deep freezing storage. The ration of the third species consisted of the indicated bee pollen only in the process of harvesting it was dried. Along with this, the formed group of bee families was divided into two more subgroups. Some consumed mixed feed in equal proportions, others did not have any protein feed. The duration of the experiment was 15 days. On the 10th day, the development

of acini of the pharyngeal gland was determined. The morphometry of the acini and the dynamics of vesicle filling indicate that the best indicators were found in the group of bees that consumed mixed bee pollen. A highly beneficial increase in the length and width of the acini of the pharyngeal gland was revealed by 36.4 and 34.7 % compared to bees that did not consume pollen at all. A group of bees that received fresh rapeseed and apple seed in their diet fully demonstrated their potential for royal jelly production. The worst development of the pharyngeal gland was found in the group of bees that consumed dried dandelion nectar. In this group of bees, the area of the acini ranged from 15.5 to 16.4 thousand μm^2. The relationship between the protein content in the diet and the degree of development of the pharyngeal gland was revealed. Of the researched methods of its preservation, the conditions of deep freezing turned out to be the best. The use of experimental monofloral diets has a negative effect on the internal indicators of the body of honey bees.

Key words: Apis mellifera L., pharyngeal gland, nutrition, protein, bee pollen, pollen storage.

Copyright: Ковальський Ю.В., Періг М.Д. © 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:
Ковальський Ю.В. https://orcid.org/0000-0002-5751-5844
Періг М.Д. https://orcid.org/0000-0001-5933-728X

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 575:597.442

Порівняльний аналіз методів виділення ДНК із різних тканин риб

Димань Т.М.[1], Шостак Л.В.[2], Дубін О.В.[1], Димань Н.О.[1]

[1] Білоцерківський національний аграрний університет
[2] Компанія «Syngenta»

Димань Т.М. E-mail: tetyanadyman@gmail.com

OPEN ACCESS

Димань Т.М., Шостак Л.В., Дубін О.В., Димань Н.О. Порівняльний аналіз методів виділення ДНК із різних тканин риб. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 97–104.

Dyman T.M., Shostak L.V., Dubin O.V., Dyman N.O. A comparative analysis of different DNA extraction methods for fish tissues. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 97–104.

Рукопис отримано: 05.05.2023 р.
Прийнято: 19.05.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-97-104

Екстракція нуклеїнових кислот є початковим етапом молекулярно-генетичних досліджень. Ефективність застосування певної методики виділення ДНК визначається кількістю екстрагованої ДНК, ступенем деградації препарату, загальною тривалістю та трудомісткістю процедури. Під час досліджень рідкісних зникаючих видів і популяцій особливу увагу приділяють виділенню ДНК із джерел, які не спричиняють руйнувань чи загибелі організму. Метою дослідження було порівняння ефективності найбільш поширених методів виділення геномної ДНК із тканин риб для подальшого використання в полімеразній ланцюговій реакції – методу фенол-хлороформної екстракції, методу сольової екстракції та методу екстракції з перхлоратом натрію. Матеріалом для досліджень слугували зафіксовані в етанолі проби плавців, печінки та ікри, відібрані у особин стерляді. Дослідження впливу якості препарату ДНК на перебіг ПЛР проводили за використання двох видів ПЛР – сайт-специфічної, ампліфікуючи фрагмент гена *cytochrome-b*, та мультилокусної – ISSR-PCR з тринуклеотидним праймером $(AGC)_6T$. Порівняння методик екстракції ДНК підтвердило, що всі вони уможливлюють отримання якісних препаратів ДНК як із свіжих, так і з архівних проб тканин риб для проведення сайт-специфічної ампліфікації. Вихід нуклеїнових кислот за використання різних тканин риб (плавців, печінки та ікри) неоднаковий, тому, коли необхідно отримати максимальну кількість ДНК, доцільно застосовувати методику сольової екстракції. У випадку мультилокусної ампліфікації, зокрема ISSR-PCR, різний ступінь очищення ДНК впливав на перебіг процесу ампліфікації. Додаткове очищення методом сорбції на силіцій оксиді дає змогу позбутися можливих інгібіторів ПЛР і отримати чіткі спектри електрофоретичного розділення продуктів ампліфікації, незважаючи на якість первинного препарату ДНК.

Ключові слова: методи виділення ДНК, плавці, печінка, ікра стерляді, сайт-специфічна ПЛР, мультилокусна ПЛР.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Екстракція нуклеїнових кислот є початковим етапом молекулярно-генетичних досліджень. Для успішного виділення очищеної та значної кількості ДНК важливу роль відіграють принцип та методи виділення. Нині використовують різні методи виділення ДНК залежно від мети подальшого використання нуклеїнових кислот – ампліфікація окремих геномних локусів, блот-гібридизація, клонування, синтез ДНК та ін. Оцінюючи ефективність застосування певної методики, зазвичай враховують такі критерії: кількість екстрагованої ДНК, ступінь деградації препарату, загальна тривалість та трудомісткість процедури. Крім того, необхідно брати до уваги термін подальшого зберігання препаратів ДНК, на який суттєво впливає присутність ДНК-нуклеаз. Універсального протоколу, який відповідав би усім зазначеним критеріям, не існує, тому під час роботи з різним біологічним матеріалом вибір методики виділення ДНК проводиться індивідуально [8, 9].

Ступінь виділення і чистота ДНК залежать від низки чинників, серед яких – розміри зразків біологічного матеріалу, методи їх відбору та зберігання. Особливу увагу останнім часом приділяють виділенню ДНК із джерел, які не спричиняють руйнувань чи загибелі організму. Такі методи надзвичайно важливі під час досліджень рідкісних, зникаючих видів і популяцій. ДНК екстрагують із яєчної шкаралупи, фекалій, злущеної шкіри китів і змій, сечі, пір'я, волосся і кісток у фекальних гранулах м'ясоїдних тварин та ін. На жаль, ДНК у таких зразках обмаль, тому для індивідуальної ідентифікації зазначені джерела майже не використовують. Тим часом кров, м'язи, шкіра, плавці, луска можуть бути успішно використані для виділення великої кількості якісної ДНК без будь-якої потенційної шкоди для тварин [14].

У випадку генетичного аналізу риб (вивчення між- та внутрішньопопуляційного поліморфізму, реконструкції родоводу, оцінювання спорідненості) ДНК найчастіше виділяють із плавців, які відбирають зажиттєво. Якщо проводиться повний біологічний аналіз, для виділення ДНК використовують м'язи або частини органів риб. Для видової ідентифікації та аналізу походження зразків риб і продуктів їх переробки часто ДНК виділяють із ікри [12].

Препарат ДНК можна виділяти як із свіжих зразків, так і з тканин риб, які тривалий час зберігалися в генетичних колекціях за низьких температур після відповідної процедури фіксації. Більшість природничих музеїв зберігають експонати у рідких консервантах, таких як формалін, етанол, ізопропанол. За тривалого зберігання у формаліні перебігають різноманітні хімічні реакції, що призводить до руйнування високомолекулярних нуклеїнових кислот та накопичення продуктів розпаду тканин. Тому виділення ДНК із колекційних зразків риб має певні специфічні особливості [3].

Для одержання високополімерного препарату ДНК потрібно, по-перше, інгібувати нуклеази, які вивільняються у процесі руйнування клітин. Для зниження їх активності екстрагування проводять у неоптимальному для нуклеаз лужному середовищі. З метою лізису клітинних мембран, збільшення виходу і поліпшення депротеїнізації ДНК до буферу вводять додецилсульфат натрію. Для ефективного лізису зразків – протеолітичні ферменти, які не втрачають активності за підвищених температур. Особливо популярною є протеїназа К, яка має широкий спектр субстратної специфічності [11].

Найбільш використовуваними методиками, що застосовуються для виділення ДНК зі зразків риб, є фенол-хлороформна екстракція [1], сольова екстракція [2] та екстракція з перхлоратом натрію [17]. Кожна з цих методик має певні особливості, які пов'язані зі специфікою депротеїнізації, осадженням ДНК та часом, необхідним на проведення процедури виділення. Особливо це має важливе значення у випадку одночасного аналізу багатьох зразків. Важливу роль у виборі тієї чи іншої методики відіграє також вартість хімічних реагентів та витратних матеріалів.

Мета дослідження – порівняння ефективності найбільш поширених методів виділення тотальної ДНК із тканин риб для подальшого використання в полімеразній ланцюговій реакції (ПЛР).

Матеріал і методи дослідження. Матеріалом для досліджень слугували зафіксовані в етанолі проби плавців, печінки та ікри, відібрані в особин стерляді, виловленої у верхній частині Канівського водосховища під час любительського рибальства. У польових умовах проби заливали 96 % етанолом. Для виділення геномної ДНК тканини відмивали у дистильованій воді, підсушували і відрізали по 200 мг.

У роботі тестували такі методи виділення ДНК: фенол-хлороформна екстракція, сольова екстракція, екстракція з перхлоратом натрію ($NaClO_4$). Додаткове очищення препаратів ДНК проводили методом сорбції на силіцій оксиді [5]. Концентрацію ДНК визначали за допомогою спектрофотометра СФ-101. Ступінь її депротеїнізації визначали за співвідношенням A_{260}/A_{280} (ДНК має максимальне поглинання приблизно за довжини хвилі 260 нм, а білки – 280 нм). Зразок ДНК вважають чистим, якщо це співвідношення становить від 1,8 до 2,0 [6, 13].

Дослідження впливу якості препарату ДНК на перебіг ПЛР проводили за схемою, наведеною у таблиці 1. Використовували два види ПЛР – сайт-специфічну, ампліфікуючи фрагмент розміром 654 п. н. гена *cytochrome-b*, та мультилокусну – за використання тринуклеотидного праймера $(AGC)_6T$. Ці види ПЛР широко використовують для видової ідентифікації [14].

Електрофоретичне розділення продуктів ампліфікації проводили у 2 % агарозному гелі за використання 1×TBE-буферу. Після закінчення електрофорезу гель обробляли бромистим етидієм (0,5 мкг/л) та візуалізували в УФ-світлі за допомогою відеосистеми *GelDoc XR System* (*BioRad*). Молекулярну масу ПЛР-продуктів визначали за маркером *GeneRuller 100 bp* (*Fermentas*).

Таблиця 1 – **Схема дослідження впливу якості препарату ДНК на перебіг ПЛР.**

Показник	Вид ПЛР	
	Сайт-специфічна (фрагмент гена цитохрому b 654 п.н.)	Мультилокусна (ISSR-PCR)
Праймери	*cytF* GCAATACACTACACAGCTGACA *cytR* GCTTGATGTGTGGGGGAGT	$(AGC)_6T$
Об'єм реакційної суміші, мкл	20	20
Склад реакційної суміші	67 мМ Tris-HCl (pH 8,8), 17 мМ $(NH_4)_2SO_4$, 0,01 % Tween-20, 0,2 мМ dNTP, 1 од. *Tag*-полімерази, 50 нг геномної ДНК, 2,0 мМ $MgCl_2$, по 0,2 мкМ кожного праймера	67 мМ Tris-HCl (pH 8,8), 17 мМ $(NH_4)_2SO_4$, 0,01 % Tween-20, 0,2 мМ dNTP, 1 од. *Taq*-полімерази, 50 нг геномної ДНК, 2,0 мМ $MgCl_2$, 0,4 мкМ праймера
Протокол ПЛР	початкова денатурація – 4 хв за 94 С; 32 цикли: 30 с за 94 °	початкова денатурація – 4 хв за 94 °

Результати дослідження та обговорення.

Фенол-хлороформна екстракція. За цією методикою біологічні зразки лізують у відповідному буфері, а потім проводять депротеїнізацію одержаного лізату фенолом, або сумішшю хлороформ: фенол: ізоаміловий спирт (1:1:24). Метод має низку суттєвих недоліків, зокрема руйнування високополімерних молекул ДНК на фрагменти під час механічного перемішування. Крім того, фенол вибірково екстрагує сателітну ДНК АТ-типу, спричинює збільшення втрати ДНК, на 10 % знижує густину ДНК. Хлороформ може вибірково екстрагувати одноланцюгову ДНК (приблизно 54 % упродовж трьох обробок) [4]. Під час депротеїнізації розчином для лізису з хлороформом білок утворює гель на поверхні розподілу хлороформ – вода, тимчасом як натрієва сіль ДНК залишається у водній фазі.

Узагальнені результати порівняння концентрацій та якості депротеїнізації препаратів ДНК стерляді, отриманих за використання фенол-хлороформної екстракції, представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – **Характеристика препаратів ДНК, виділених за використання методу фенол-хлороформної екстракції.**

Тканина	Концентрація ДНК, мг/мл	Ступінь депротеїнізації ДНК A_{260}/A_{280}
Плавці	0,31±0,048	1,9
Печінка	0,46±0,038	1,8
Ікра	0,13±0,023	1,8

За умови однакової початкової кількості зразка (200 мг) найбільшу кількість ДНК одержували із печінки риб – 0,46 мг/мл, найменшу – із ікри – 0,13 мг/мл. Із плавців отримували в середньому 0,31 мг/мл препарату тотальної ДНК. Відмінності концентрацій ДНК, виділеної із різних тканин риб, спостерігали й під час електрофоретичного розділення її препарату (рис. 1).

Загалом метод виявився трудомістким й потребував приблизно 6 годин для виділення препарату ДНК із одного зразка. Разом з тим, за використання фенол-хлороформного методу виділення нуклеїнової кислоти, розчини препаратів ДНК виявились добре очищеними від домішок білка, про що свідчать результати порівняння оптичної густини за A_{260nm} та A_{280nm}.

Виділення ДНК за використання методу сольової екстракції. Первинний лізис зразків тканин стерляді, як і в попередньому випадку, проводили за використання протеолітичного ферменту протеїнази К. Проби струшували на вортексі й контролювали ефективність лізису тканин візуально через кожні 30 хв. У випадку сповільненого лізису концентрацію протеолітичного ферменту збільшували вдвічі без зміни загального об'єму буферу для лізису. Переважна більшість зразків потребувала 1,5–2 год для повного розчинення тканин.

Окремі проби, що зазвичай містили щільні тканини, не розчинялися навіть за високої концентрації ферменту. У таких випадках їх залишали в термостаті за температури 57 °С на ніч і проводили процедуру виділення ДНК вранці наступного дня. Денатурацію білків проводили додаванням високої концентра-

ції NaCl. За таких умов білки осаджували центрифугуванням за 10 000 об/хв упродовж 30 хв. Супернатант переносили у чисті пробірки і осаджували ДНК таким самим об'ємом ізопропілового спирту. Осад промивали 70 % етанолом, висушували та розчиняли у ТЕ-буфері.

У таблиці 3 наведено результати порівняння концентрацій та якості депротеїнізації препаратів ДНК стерляді, отриманих за використання методу сольової екстракції. Як і у випадку фенол-хлороформної екстракції, найбільшу кількість ДНК одержували із печінки риб – 0,68 мг/мл, найменшу – із ікри – 0,21 мг/мл. Із плавців риб отримували в середньому 0,38 мг/мл препарату тотальної ДНК. Зображення електрофоретичного розділення препаратів ДНК із різних тканин риб підтверджує дані, отримані за допомогою спектрофотометричного дослідження (рис. 2).

Таблиця 3 – **Характеристика препаратів ДНК, виділених за використання сольової екстракції.**

Тканина	Концентрація ДНК, мг/мл	Ступінь депротеїнізації ДНК A_{260}/A_{280}
Плавці	0,38±0,035	2,1
Печінка	0,68±0,053	1,6
Ікра	0,21±0,046	1,9

Як свідчать результати порівняння оптичної густини за A_{260nm} та A_{280nm}, розчини препаратів ДНК містили домішки білків, найбільшу кількість яких спостерігали під час виділення ДНК із печінки риб. Процедура виділення ДНК тривала значно менше часу, ніж для попереднього методу – в середньому 3 год на один зразок.

Метод екстракції з перхлоратом натрію. Первинний лізис зразків тканин стерляді проводили так, як у попередніх випадках. Денатурацію білків проводили додаванням перхлорату натрію та хлороформу. ДНК за цим методом осаджували етиловим спиртом. Осад промивали 70 % етанолом, висушували та розчиняли у ТЕ-буфері. Результати порівняння концентрацій препаратів ДНК та якості їх депротеїнізації за використання методу екстракції з перхлоратом натрію представлено в таблиці 4, зображення електрофоретичного розділення препаратів тотальної ДНК стерляді – на рисунку 3.

Таблиця 4 – **Характеристика препаратів ДНК, виділених за використання екстракції з перхлоратом натрію.**

Тканина	Концентрація ДНК, мг/мл	Ступінь депротеїнізації ДНК A_{260}/A_{280}
Плавці	0,34±0,018	2,0
Печінка	0,58±0,023	1,8
Ікра	0,16±0,021	1,9

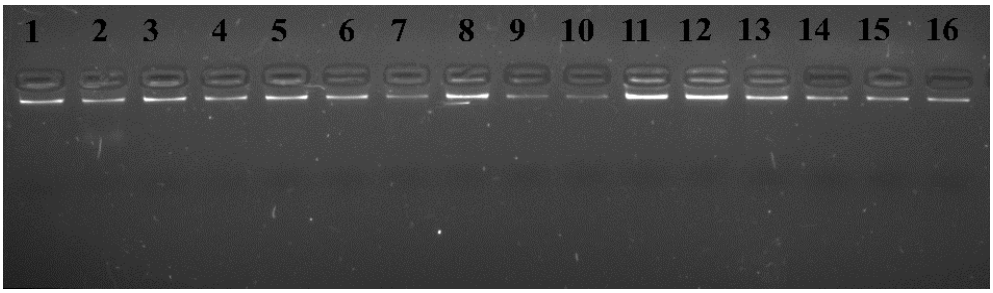


Рис. 1. **Електрофореграма препаратів тотальної ДНК, виділених за використання методу фенол-хлороформної екстракції**:
1–5 – із плавців, 6–10 – із ікри, 11–16 – із печінки риб.

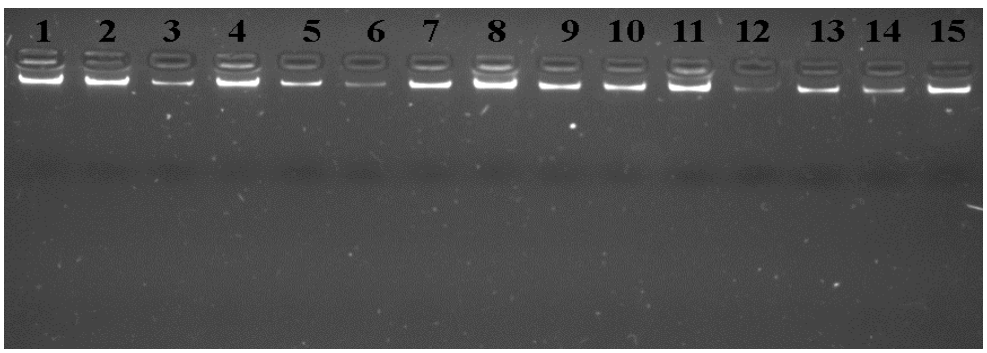


Рис. 2. **Електрофореграма препаратів тотальної ДНК, виділених за використання методу сольової екстракції**:
1–5 – із плавців, 6–11 – із печінки риб, 12–15 – із ікри.

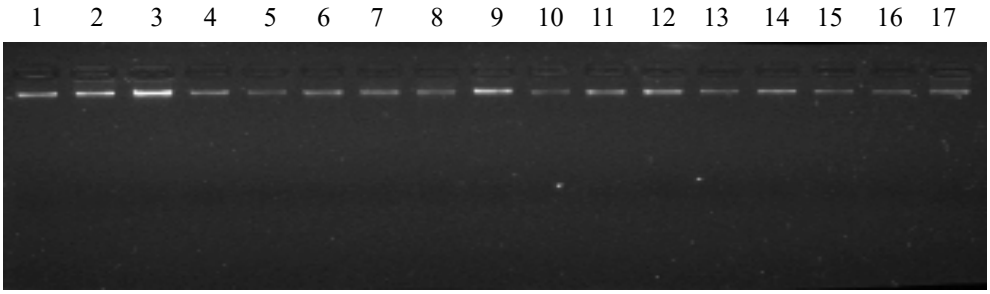


Рис. 3. **Електрофореграма препаратів тотальної ДНК, виділених за використання методу сольової екстракції**:
1–8 – із плавців, 9–13 – із печінки риб, 14–17 – із ікри.

Як і в попередніх методах, найбільшу кількість ДНК одержували із печінки риб – 0,58 мг/мл, найменшу – із ікри – 0,16 мг/мл. Із плавців стерляді отримували в середньому 0,34 мг/мл препарату тотальної ДНК.

За наявністю домішок білка у виділених препаратах ДНК метод займав проміжну позицію між фенол-хлороформною та сольовою екстракціями. Процедура виділення тривала 2,5 год для одного зразка.

Виділення препарату ДНК високої якості необхідно для більшості молекулярно-біологічних маніпуляцій. Невелика кількість ДНК і присутність інгібіторів ПЛР, наявність яких у препараті часто неможливо визначити звичайними аналітичними методами, призводять до некоректної інтерпретації результатів ПЛР. Білки, РНК, ліпіди та полісахариди, які залишаються у препаратах ДНК, виділених за загальноприйнятими методиками, можуть знижувати активність ДНК-полімерази практично до повного її інгібування.

Як зазначалось вище, перевірку якості препаратів тотальної ДНК (присутність інгібіторів ферменту *Taq*-полімерази), виділених із різних тканин риб, проводили за використання сайт-специфічної ампліфікації мітохондріального *cytochrome-b* гена та методу мультилокусного ДНК-профілювання – ISSR-PCR.

На рисунку 4 представлено результати ПЛР з універсальними праймерами до консервативної ділянки гена *cytochrome-b*. Продукти ПЛР не різнились за інтенсивністю свічення в ультрафіолетовому світлі й мали однакову молекулярну масу. Отримані результати підтверджують, що методика виділення ДНК не впливає на перебіг сайт-специфічної ампліфікації, тобто розчини ДНК достатньо очищені від можливих інгібіторів, незалежно від тканини, з якої проводили виділення.

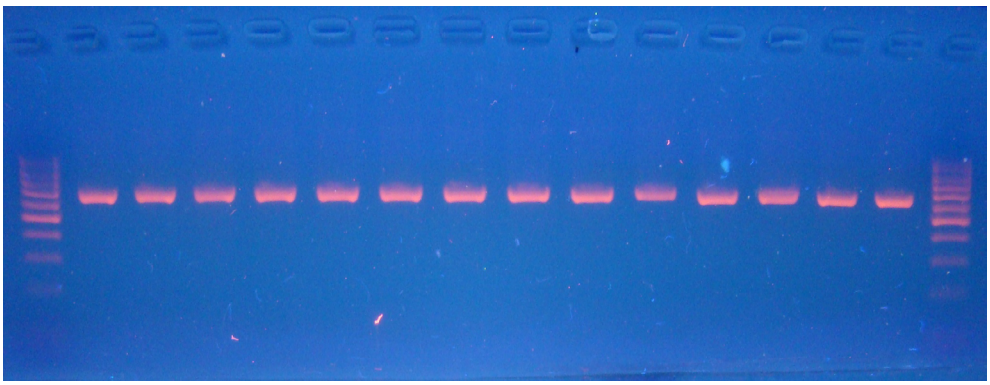


Рис. 4. **Електрофоретичне розділення ПЛР-продуктів гена *cytochrome-b* із ДНК стерляді, виділеної за використання різних методів**: 1–5 – фенол-хлороформної екстракції; 6–10 – сольової екстракції; 11–14 – екстракції з перхлоратом натрію; 1, 2, 6, 7, 11, 12 – плавці; 3, 4, 8, 9, 13 – печінка; 5, 10, 14 – ікра; M – молекулярний маркер (п. н.).

Для перевірки присутності ДНК-нуклеаз у препаратах ДНК сайт-специфічну ампліфікацію гена *cytochrome-b* повторювали через 3 місяці. При цьому одну частину препаратів ДНК зберігали у морозильній камері за температури мінус 20 ºС, а іншу – за кімнатної температури на робочому столі. У результаті порівняння електрофореграм продуктів ампліфікації було з'ясовано, що ампліфікати аналогічні за молекулярною масою та концентрацією. Слідів деградації препарату високомолекулярної ДНК виявлено не було.

Рисунок 5 ілюструє вплив якості препарату ДНК на перебіг мультилокусної ампліфікації ISSR-PCR. За ампліфікації препаратів ДНК, виділених трьома методами, було виявлено відмінності в якісному та кількісному складі отриманих спектрів за використання одного і того самого зразка. Причиною цього, на нашу думку, був різний ступінь чистоти препаратів ДНК, який вплинув на термодинамічні показники випалювання праймерів, відтак, зумовив відмінності за кількістю ПЛР-локусів.

Для стандартизації етапу виділення ДНК було застосовано метод її сорбції на силіцій оксиді, який добре зарекомендував себе під час роботи з рослинними зразками та кров'ю тварин. Суть методу полягає в тому, що високомолекулярна ДНК здатна зв'язуватися з діоксидом кремнію в присутності хаотропних хімічних сполук, таких, зокрема, як гуанідин тіоціанат. Цей принцип широко використовують у комерційних наборах для виділення ДНК з метою отримання високоякісних препаратів нуклеїнових кислот у молекулярно-біологічних дослідженнях.

Додаткове очищення препаратів ДНК, виділених за різними протоколами, дало змогу позбутися можливих інгібіторів і отримати чіткі спектри ампліфікації (рис. 6).

Висновки. Порівняння найпоширеніших методик екстракції ДНК із різних тканин риб підтвердило, що методи фенол-хлороформної екстракції, сольової екстракції, екстракції з перхлоратом натрію уможливлюють отримання якісних препаратів ДНК як із свіжих, так із архівних проб тканин риб для проведення сайт-специфічної ампліфікації. За достатньої якості препаратів ДНК вихід нуклеїнових кислот за використання різних тканин риб (плавців, печінки та ікри) неоднаковий, тому, коли необхідно отримати максимальну кількість ДНК, доцільно застосовувати методику сольової екстракції.

У випадку мультилокусної ампліфікації, зокрема ISSR-PCR, різний ступінь очищення ДНК впливав на перебіг процесу ампліфікації. Додаткове очищення методом сорбції на силіцій оксиді дало змогу позбутися можливих інгібіторів ПЛР і отримати однакові спектри, незважаючи на якість первинного препарату ДНК.

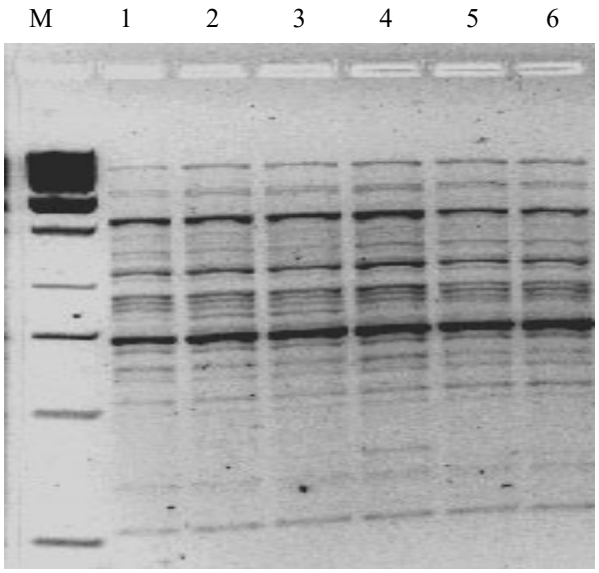


Рис. 5. **ISSR-спектри ДНК стерляді, виділеної за різними методиками:** 1, 2 – метод фенол-хлороформної екстракції; 3, 4 – сольової екстракції; 5, 6 – екстракція з перхлоратом натрію; M – молекулярний маркер (п. н.). Стрілкою вказано продукти ампліфікації, які різняться у зразків.

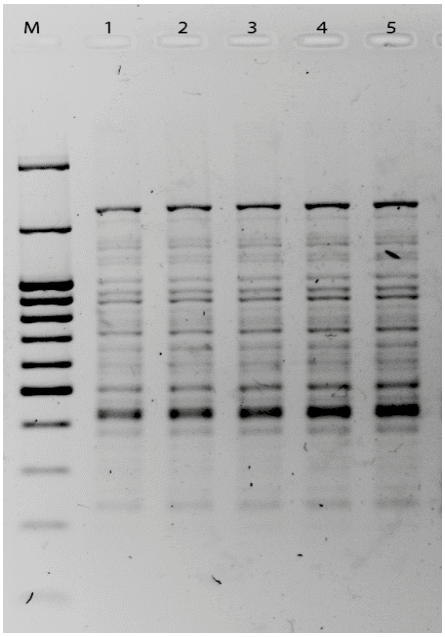


Рис. 6. **ISSR-PCR-спектри ДНК риб після додаткового очищення методом сорбції на силіцій оксиді**: M – молекулярний маркер (п. н.); 1–5 – досліджені зразки тканин.

REFERENCES

1. Aljanabi, S. M., Martinez, I. (1997). Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. Nucleic Acids Res., Vol. 25, no. 22, pp. 4692–4693.

2. Amos, B., Hoelzel, A. R. (1991). Longterm preservation of whale skin for DNA analysis. Rep. int. Whal. Commn. (special issue), no. 13, pp. 99–103.

3. Appleyard, Sh.F., Maher, S., Pogonoski, J.J., Bent, S.L., Chua, X-Y., McGrath, F. (2021). Assessing DNA for fish identifications from reference collections: the good, bad and ugly shed light on formalin fixation and sequencing approaches. Fish biology, Vol. 98, no.5, pp. 1421–1432.

4. Barbosa, C., Nogueira, S., Gadanho, M., Chaves, S. (2016). DNA extraction: finding the most suitable method. Molecular Microbial Diagnostic Methods: Pathways to Implementation for the Food and Water Industries. Chapter 7. Elsevier Inc., pp. 135–154.

5. Boom, R., Sol, C., Weel, J., Goudsmit, J., Wertheim-van Dillen, P. (1999). Improved Silica-Guanidiniumthiocyanate DNA Isolation Procedure Based on Selective Binding of Bovine Alpha-Casein to Silica Particles. J. Clin Microbiol., Vol. 37, no. 3, pp. 615–619. DOI:10.1128/jcm.37.3.615-619.1999.

6. Brescia, P. (2012). Micro-Volume Purity Assessment of nucleic acids using A260/A280 ratio and spectral scanning. Application Note: protein and nucleic acid quantifcation. AN060112_12, Rev. 06/04/12. BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT. Retrieved from http://www.biotek.com.

7. Bruyn, M. D., Parenti, L. R., Carvalho, G. R. (2011). Successful extraction of DNA from archived alcohol-fixed white-eye fish specimens using an ancient DNA protocol. J. Fish Biol., Vol. 78, pp. 2074–2079.

8. Chowdhury, M. M., Rahman, A. S.M.S., Nahar, L., Rahman, M., Al Reza, H., Ahmed, M. S. (2016). Efficiency of different DNA extraction metods for fish tissues: A comparative analysis. IOSR Journal of Pharmacy & Biologocal Science, Vol. 11, no. 3, pp. 11–15. DOI:10.9790/3008-1103041115.

9. Dwiyitno Hoffman, S., Parmentier, K., Van Keer, C. (2018). Method Comparison of DNA Isolation and Quantification for Fish and Seafood Authenticity Determination. Squalen Bull. of Mar. and Fish. Postharvest and Biotech., Vol. 13, no. 3, pp. 115–124.

10. Fang, S., Wan, Q., Fujihara, N. (2002). Formalin removal from archival tissue by critical point drying. Biotechnology, Vol. 33, pp. 604–611.

11. Hilz, H., Wiegers, U., Adamietz, P. (1975). Stimulation of proteinase K action by denaturing agents: application to the isolation of nucleic acids and the degradation of 'masked' proteins. FEBS Journal, Vol. 56, no. 1. pp. 103–108. DOI:10. 1111/j.1432-1033.1975.tb02211.x.

12. Kumar, R., Singh, P. J., Nagpure N. S., Kushwaha, B., Srivastava, S. K., Lakra, W. S. (2007). A non-invasive technique for rapid extraction of DNA from fish scales. Ind. J. Exp. Biol., Vol. 45, pp. 992–997.

13. LGC. (2018). DNA Quantification: Comparison of UV Spectrophotometry and PicoGreen Analysis. Available at:https://www.lgcgroup.com/LGCGroup/media/PDFs/services/Extraction/DNAQuantification-Factsheet-LGC.pdf.

14. Muhammad, H., Iqbal, Z., Iqbal, M. U., Younas, T., Bashir, Q. (2016). An efficient method for DNA isolation from fish fin. Pak. J. Agri. Sci., Vol. 53, no. 4, pp. 843–850. DOI:10.21162/PAKJAS/16.3998.

15. Sambrook, J., Russell D. W. (2001). Molecular cloning: A laboratory manual (3rd Ed.). Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York. 1626 p.

16. Silva, P. C., Malabarba, M-C., Vari R., Malabarba L. (2019). Comparison and optimization for DNA extraction of archived fish specimens. MethodX, Vol.6, pp.1433–1442. DOI:10.1016/j.mex.2019.06.001.

17. Wilcockson, J. (1973). The Use of Sodium Perchlorate in Deproteinization During the Preparation of Nucleic Acids. Biochem. J., Vol. 135, pp. 559–561.

A comparative analysis of different DNA extraction methods for fish tissues

Dyman T.M., Shostak L.V., Dubin O.V., Dyman N.O.

Nucleic acids extraction is the initial stage of molecular genetic research. The effectiveness of using a certain method of DNA extraction is determined by the amount of extracted DNA, the degree of probe degradation, the time consuming and laboriousness of the procedure. When researching rare, endangered species and populations, special attention is paid to extracting DNA from sources that do not cause destruction or death of individual. The current study was aimed at comparison the effectiveness of the most common methods of genomic DNA isolation from fish tissues for further use in the polymerase chain reaction. Essentially three DNA extraction methods were employed and compared for the quality of isolated DNA – the phenol-chloroform extraction method, the salt extraction method, and the sodium perchlorate extraction method. Samples of fins, liver and caver taken from sterlet individuals fixed in ethanol served as material for research. The study of the effect of DNA probe quality on PCR course was carried out using two types of PCR – site-specific, amplifying the fragment of *cytochrome-b* gene, and multilocus – ISSR-PCR with a trinucleotide primer $(AGC)_6T$. A comparison of DNA extraction methods confirmed that all of them enable obtaining high-quality DNA from both fresh and archival fish tissue samples for site-specific amplification.

The yield of nucleic acids using different fish tissues (fins, liver and caver) is not the same. Therefore, when it is necessary to obtain the maximum amount of DNA, it is advisable to use the salt extraction method. In case of ISSR-PCR, different degrees of DNA purification affected the course of amplification. Additional purification by the method of sorption on Silica allows removing possible PCR inhibitors and obtaining clear spectra of electrophoretic separation of amplification products, regardless of primary DNA quality.

Key words: DNA extraction methods, sterlet tissues, site-specific PCR, multilocus PCR.

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

ORCID iD:
Димань Т.М. https://orcid.org/0000-0002-6428-1476
Димань Н.О. https://orcid.org/ 0000-0003-4087-2957

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

UDC 613.26/.29:664

Aluminosilicatehalloysite nanotubes as a tool of modern nanocomposites for food safety

Haiuk N., Tsekhmistrenko O., Seleznyova A.

Bila Tserkva National Agrarian university

E- mail: Haiuk N. gayukn_14@ukr.net, Seleznyova A. alexselena@ukr.net

OPEN ACCESS

Гаюк Н.В., Цехмістренко О.С., Селезньова О.О. Алюмосилікатні нанотрубки галуазиту, як інструмент сучасних нанокомпозитів для харчової безпеки. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 105–113.

Haiuk N., Tsekhmistrenko O., Seleznyova A. Aluminosilicatehalloysite nanotubes as a tool of modern nanocomposites for food safety. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 105–113.

Рукопис отримано: 10.03.2023 р.
Прийнято: 24.03.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-105-113

Nanoscale natural clay minerals, which include Si, O, Al, and Mg, are a class of environmentally safe inorganic materials with unique structures and diverse morphologies, including nanorods, nanofibers, and nanotubes. Aluminosilicatehallusite nanotubes (HNTs) are relatively new objects of research in materials science, they have a number of environmental and economic advantages compared to carbon nanotubes (CNTs), as well as fullerene and graphene. Natural halloysites are an order of magnitude cheaper than their synthetic counterparts. The location of halloysite is quite common, for example, in the KryvyiRih region and other places in other countries. Due to their high environmental friendliness and bioavailability, HNTs can be used in medicine, including as drug carriers with controlled release. HNTs can also exhibit (photo) catalytic properties, have high adsorption properties in relation to heavy metals Cu(II), Pb(II), Cd(II), Zn(II), Cr(IV) and Co(II) and solutions, containing dyes, pesticides and some other organic pollutants, as well as toxic gases (ammonia, hydrogen sulfide). HNTs in combination with other metals, such as Mn, Ti, acquire various practical applications. HNTs were introduced to ensure better functional photo(electro)catalytic properties of composites that can be a substrate, especially in the case of nanotube oxide decoration. For example, titanium, a white pigment, non-toxic, is included in the list of food additives and is designated as E171. Contained in food products: candies, cookies, cakes, chicken fillet, crab sticks, chewing gum, chocolate products. Although the addition of titanium dioxide in food products is permitted by many official documents, there is insufficient data in the scientific literature regarding the potential danger of titanium dioxide to the human body.

Increased interest in TiO_2 is due to its high photocatalytic activity, which allows to realize processes of destruction of organic compounds, including ecotoxicants, into safe products. HNTs, or materials based on them, have found many useful applications in the treatment of drinking water and industrial wastewater. The structural features of HNTs make it possible to obtain new composite materials based on them, such as, for example, imohalite nanotubes (INTs) of a wide functional purpose and to determine the physicochemical patterns of their formation.

Therefore, the relevance of the work lies in the combination of hallusite nanotubes and titanium dioxide as composite materials using electrosynthesis, and the analysis of the influence of the phase composition, photocatalytic activity of the composite material on the safety of its practical use, including in the food industry.

Key words: aluminosilicates, nanotubes, nanomaterials, inner surface, safety, halluasite, titanium dioxide, composites, nanocomposites, synthesis.

The objects of research are titanium dioxide andhallusite nanotubes.

The aim of the research is to study the influence of the phase composition and activity of halloysite and titanium dioxide on the functional properties of wastewater destruction (purification). To determine the prospects of using nanocomposites with hallusite nanotubes and titanium dioxide.

The main tasks of the research:

– to characterize materials using electron microscopy and quantitative photometric analysis.

– to summarize data on the influence of photocatalytic and photoelectrocatalytic properties on the functionality of titanium dioxide and HNTs in food products and wastewater treatment.

– comparative characteristics of various modifications (rutile/anatase) of titanium oxide in electrosynthesis.

Problem statement and analysis of recent research. Today, countries with developed economies focus on the development and greening and application of nanotechnology as a promising industry. Every year, the amount of funding for research and new developments increases. Nanoproducts are already used in the energy, chemical and construction industries, the production of cosmetics, and the food industry. The introduction of nanomaterials into medicine and pharmacology has begun. The use of nanotechnologies and nanomaterials in environmental protection and the food industry is also promising.

Halloysite is an aluminosilicate, a natural, environmentally friendly nanomaterial with the chemical composition $[Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O]$. The dimensions of hallusite nanotubes (HNTs) vary in length – from tens of nm to several microns, sometimes even reaching >30 microns [1], in outer diameter from 30 to 190 nm, in inner diameter – from 10 to 100 nm [2].Interlayer water is removed with slight heating (100–120 °C), while the distance between the layers decreases from 1 nm to 0.7 nm [4].

Fig. 1. **Appearance of HNTs (hallusite nanotubes).**

The folding of halloysite into a tubular (Figure 2a) structure occurs due to the mismatch in the rows of the tetrahedral layer of SiO_2 and the adjacent layer of Al_2O_3 with an octahedral structure [5]. As a result, a layered hallusitenanotubular structure is formed, which has the formula $[Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O]$.

Si−O−Si groups are placed on the outer surface of the nanotubes, Al−OH groups are located on the inner surface, as a result of which positive and negative charges appear on the outer and inner surfaces, respectively, in the ratio Al:Si1:1 (Figure 2в) [6]. The surface thus represents a potential area for deposition of nanoparticles [7]. It is known that HNTs have occupied an important niche in modern nanotechnology with applications ranging from electronics, ultralight structural materials, energy conservation, to catalysis and electrochemistry. They reveal (photo)catalytic properties that have not yet been sufficiently studied, especially in combination with innovative technologies of oxide materials, and are a window of new opportunities for the creation of functional materials with specified properties [17].

There are two types of hydroxyl groups in halloysite that maintain the shape of the nanotube: one is internal hydroxyl groups, the other is external HO-groups(Figure 2c).

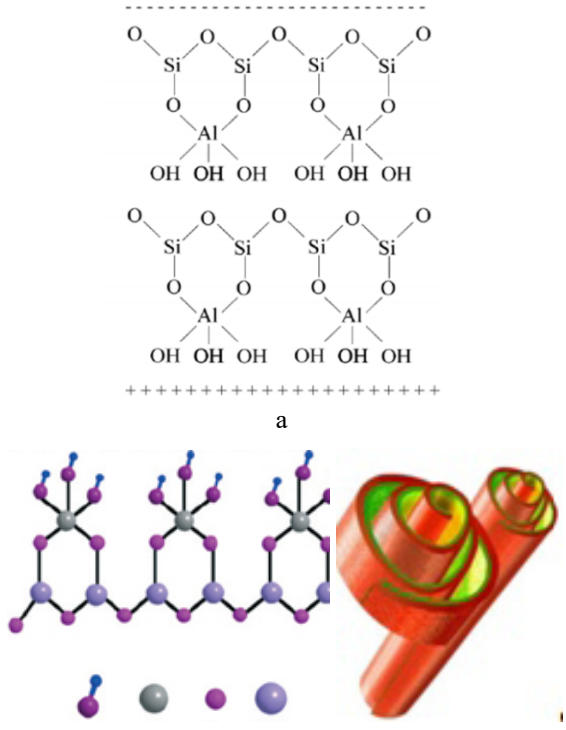


Fig. 2. **a) chemical structure of halloysite[8]; b) structure of the halloysite layer;c) halloysite nanotubes: on the outer surface of the Al−OH group (green color), on the inner surface of the Si−O−Si group (red color) [10].**

Internal HO-groups are located inside the lumen, and external groups are located on the edges and corners of the tubes [3]. Due to the multi-layered structure, most of them are internal groups. The density of surface hydroxyl groups is lower [12].

Thus, halloysite has a different composition of internal and external surfaces. Unlike halloysite, most of the described non-clay nanotubes, such as carbon nanotubes, have the same internal and external chemistry, which makes it difficult to selectively modify their lumen [10]. In addition, halloysite is an alternative to much more expensive carbon nanotubes.

The advantages of halloysite are its high specific surface area (up to 100 m^2/g) [5], high ion exchange capacity, chemical and thermal stability [1]. Halloysite is actively used as fillers of polymer nanocomposites [14], highly effective sorbents, catalysts, sensors [9]. HNTsare non-toxic [11], do not undergo biodegradation and are biocompatible, which leads to wide possibilities of their use in medicine, cosmetology, veterinary medicine and food additives. The outer surface of HNTs is covered with hydroxyl groups, making them amenable to water-phase treatment and compatible with hydrophilic materials, as well as with the surface of materials capable of forming hydrogen bonds with functional groups of other materials.

Pure titanium dioxide is a solid colorless crystalline substance, in a finely ground state it is a white powder. Despite being colorless, in larger quantities, well-purified TiO_2 is the most stable (non-volatile, insoluble in acids, alkalis and solutions under normal conditions) of all known white pigments (practically does not absorb any incident light in the visible region of the spectrum)[21].

Titanium dioxide exists in the form of several crystalline modifications, anatase, rutile and brookite can be found in nature. It should be noted that brookite is almost never used industrially, and is rarely found in nature.

The use of titanium dioxide in the food industry is very wide. E171 can be used in almost any products that require white color for an aesthetic appearance. Here are some of the areas of use: caramel, chewing gum, powdered and refined sugar, frogs' legs, chicken, pork and beef tongues, suckling pigs, flour, dough, sugar glaze, jams, milkshakes, cottage cheese, whey, condensed milk, any fish and sea products etc. Application in the fish processing industry includes bleaching of all types of fish mince, fillets, semi-finished products, surimi, pâtés and other products (for example, squid, fish waste, crab sticks etc.) Depending on the degree of bleaching, the dosage is regulated from 0.1 to 1% of the weight of the product [22].

We have conducted experimental research on establishing the conditions for the electrocrystallization of titanium oxides from suspension electrolytes using electrolytic doping approaches for the production of multicomponent composite materials TiO_2/HNTs. The main task in the planning of the experiment is the strategy regarding the concentration, the nature of additives in the electrolyte, its ligand composition to ensure the given phase composition of manganese (IV) oxide, as well as the functionality of other components.

An important task in this study is to ensure the maximum uniform distribution of all components with the maximum degree of homogenization, dispersion of components and controlled agglomeration. For photo (electro)catalytic applications, where the surface is involved, its maximum development and the presence of nanotubes must be ensured, which, according to literature data [24], contributes to the coverage of near-surface layers in mass (charge) transport. Aluminosilicate nanotubes in this sense have been relatively little studied. Photocatalytic "coupling" effects are possible under these conditions when titanium dioxide is combined with manganese dioxide, provided that the band gap is much smaller.

A stable ratio of the content of ions in the anode product is achieved when the ratio of the concentrations of the corresponding ions in the electrolyte remains unchanged. Changes in the ligand composition of the electrolyte are an additional tool for influencing the ratio of cations in the anodic product, which allows to bring together/dilute the release potentials of the corresponding oxide phases in conditions where co-crystallization of components is possible [14].

We solved the task of electrocrystallization of TiO_2/MnO_2/HNTs composites by introducingTiO_2as a suspension electrolyte component. The maximally even distribution of HNTs in the product should ensure their introduction into the electrolyte composition with an additional vacuum stage (for HNTs).

The suspension of anatase and/or rutile under the conditions of an electrocrystallization experiment in a fluorine-containing electrolyte exhibits the ability to dissolve. Therefore, it was of interest to study and use the features of this process. Spectrophotometric methods were used for this. Titanium (IV) forms a complex compound in an acidic environment with the addition of hydrogen peroxide:

$$TiO^{2+} + H_2O_2 = [TiO(H_2O_2)_2]^{2+},$$

colored yellow. This reaction is used in the quantitative photometric analysis of solutions containing titanium. The optical density of the titanium complex solution is measured at λ=400–500 nm

[25] on a KFK-2 photocolorimeter. Similar complexes are also formed when titanic acid H_2TiO_3 is dissolved in solutions containing H_2O_2. At pH>10, in solutions containing hydrogen peroxide and titanium ions, other complexes are present – $[Ti(O_2)_2(OH)_2]^{2-}$ or $[TiO(O_2)(OH)_2]^{2-}$. They are prone to polymerization and the formation of gels or precipitates [26].

The possibility of crystallization of oxides in the lumen (internal space) of HNTS was considered. However, this version of ASNT interaction with manganese dioxide was not confirmed during further electron microscopic studies. The role of halloysite nanotubes in suspension electrolytes also requires detailed consideration.

Halloysite has a positively charged inner lumen (lumen) of the aluminate layer and a negatively charged outer surface due to silanol groups. It belongs to the number of rare nanotubes with a different composition of the inner and outer surfaces. The inner space of nanotubes reaches up to 50 nm in diameter.

Material and methods of research. To increase the degree of filling of the internal cavities of the nanotubes with a composite (Mn/Ti) and to release the cavities of the nanotubes from air, vacuuming of the HNTs suspension in a sealed flask, a vacuum pump VVN 1–1.5 with a power of 5.5 kW and a residual pressure of 0.4 bar was used (Figure 3). The use of a fluorine-containing electrolyte helps to increase the size of the internal space of HNTs, due to the removal of the internal aluminate layer. For vacuuming, 0.1M HF was used as part of the HNTs suspension. We have worked out a technique for introducing nanotubes into the electrolyte using ultrasonic treatment in a VK-9050 ultrasonic bath with a power of 50 W and a duration of 30 minutes, with exposure for 3 hours. under a vacuum pump.

The HNT preparation procedure included:

• 0.6 g was dispersed in 200 ml of 0.1M HЫ electrolyte using ultrasonic treatment in a VK-9050 ultrasound bath with a power of 50 W for a duration of 30 min;

• exposure for 3 hours under a vacuum pump;

• mixing on a magnetic stirrer and adding portions of 20 ml to electrolytes № № 4, 5, 7, 10.

We synthesized composite materials (table 1), to compare their characteristics, we used different masses of TiO_2 when introduced into the electrolyte, as well as different modifications of TiO_2 (rutile/anatase), and to compare the characteristics of composite materials, they were introduced into the electrolyte with/without salts $(NH_4)_2SO_4$and investigated three-component composites of manganese dioxide/titanium with hallusite nanotubes, including functionality in photo(electro)catalytic processes of destruction and purification of wastewater.

Table 1 – **Conventional designations, composition and introduced additives in the electrolyte and characteristics of electrocrystallization conditions containing 0,1M HF, 0,7M $MnSO_4$**

№	TiO_2rutile, g/l	TiO_2anatase, g/l	(HNTs) g/l	$(NH_4)_2SO_4$ 1,5mol/l	V of electrolyte, l	Time, min
4.		10	0,15	1,5	0,4	180
5.	10		0,15	1,5	0,4	180
7.	8		0,15		0,4	180
10.		8	0,15		0,4	180

а б

Fig. 3. **Installation for vacuuming HNTs in electrolyte.**

It is known that HNTs have occupied an important niche in modern nanotechnology with applications ranging from electronics, ultralight structural materials, energy conservation, to catalysis and electrochemistry. They reveal (photo) catalytic properties that are not yet sufficiently studied, especially in combination with innovative technologies of oxide materials.

Research results and discussion. Therefore, according to our research in a fluorine-containing electrolyte, taking into account the dissolution effects of titanium dioxide and the corresponding electrode processes accompanied by the formation of Ti^{3+}, the resulting composite was not a mechanical combination of two components with known properties. The rather complex behavior of titanium dioxide/manganese suspension electrolytes in a fluorine-containing electrolyte, regardless of the phase composition (anatase/rutile), is a window of new opportunities for the creation of functional materials with specified properties.

Due to the multi-stage process of electrocrystallization of titanium dioxide, one of the most important problems is obtaining products with specified properties. At the same time, the issue of directed synthesis of oxide composite materials remains open, since the influence of synthesis parameters on the composition and physicochemical properties of the resulting composites is not sufficiently studied.

Electrosynthesis in the composition of a fluorine-containing suspension electrolyte with titanium/manganese (IV) oxide as a result of anodic deposition is considered. The directed introduction of NH_4^+cation additives into the composition of the electrodeposition electrolyte can be the basis of the design of the oxide matrix of a certain macro-, micro- and mesostructure. The paper examines the influence of ammonium cation additives on the formation of not only phase equilibria of the system, but also the interaction of components in the formed composite. When preparing fluorine-containing suspension electrolytes, titanium (IV) oxide of the anatase/rutile structure, as well as titanium (IV) oxide from different manufacturers, were introduced. The commercial photocatalyst TiO_2 P25 (EvonikIndustrials, Germany), consisting of an amorphous phase and an anatase/rutile mixture in the proportion of 80/20, exhibits greater activity in photocatalytic processes than pure crystalline phases of anatase [27]. Therefore, the task of the research was to study the properties of titanium dioxide from different manufacturers.

In the scientific literature, we did not find data on the electrocrystallization of composite titanium oxides with halloysite. The above-mentioned components are of interest as components of composite materials that should exhibit improved photo(electro)catalytic properties. Taking into account the polymorphism of the titanium (IV) oxide system, which can manifest itself depending on the cationic composition of the electrolyte and other process parameters, it is possible to control various phase and defect states of the product. The synthesized series of samples contained composites based on introduced halloysite with a concentration of 0.015 g/l and titanium dioxide 8–10 g/l, formed in the process of interaction with the electrolyte and as a result of electrocrystallization during the galvanostatic process of electrolysis of different durations (1, 2, 3 hours).

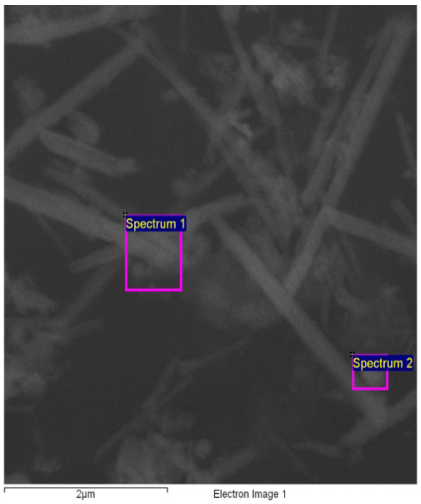
The method of electron microscopy shows that halloysite nanotubes are occluded by manganese (IV) oxide sediment and titanium dioxide nanoparticles actively interact with the surface of nanotubes in the composition of three-component composites.

The authors [15] applied anatase TiO_2 to the surface of HNTs for adsorption and photodegradation of methylene blue. As expected, the HNTs/TiO_2 composite showed an advantage of the dual mechanism of dye adsorption and degradation compared to the adsorption method. It is also about a significant improvement of thermal and mechanical properties when adding hallusite nanotubes to polyethylene products.

HNTs exhibit low electrical thermal conductivity and strong hydrogen interactions, due to which the internal hydroxyl groups show greater stability than the surface hydroxyl groups. The results of the scanning electron microscopy analysis of the elemental composition of HNTs indicate the presence of oxygen, aluminum and silicon in HNTS, which is shown in the table in Figure 4.

Research of the topology and morphology of the surface, identification of the elemental composition of selected areas of the surface, their quantitative composition, is specified in the table. The research of microstructures and microtexture, orientation of crystallites was carried out on a TescanMira 3 LMU electron scanning microscope (Figure 5) with the following technical characteristics: spatial resolution of 1 nm (under conditions of an accelerating voltage of 30 kV), 2 nm (3 kV); working pressure in the chamber ≈ $9 \cdot 10^{-3}$ Pa

Translucent images were obtained at magnifications up to x250,000, and electron diffraction (ED) images were obtained using a limiting diaphragm with a diameter of 0.4 μm. Image registration was carried out in electronic format on the EPOM (Figure 6).



Spectrum	O	All Al	Si
Spectrum 1	84.322	7.46	7.06
Spectrum 2	85.60	3.83	4.10

Fig. 4.**The results of energy dispersive analysis of the elemental composition of halloysite samples, which are indicated in the Figure 1.**

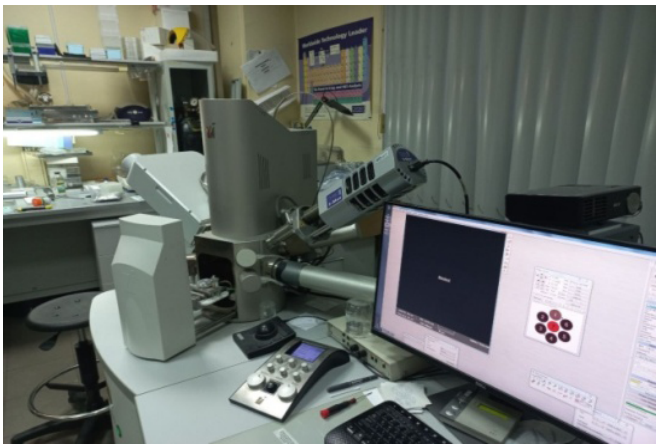


Fig. 5. **Scanning electron microscope Tescan Mira 3 LMU.**

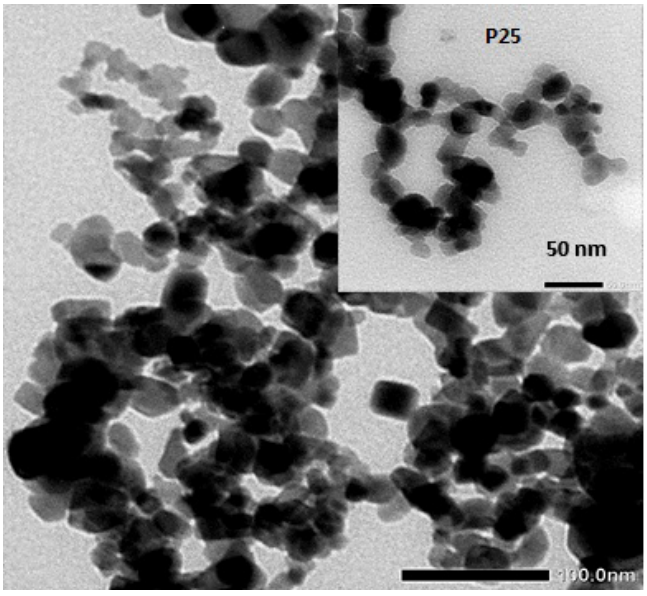


Fig. 6. **Electron microscopic image of powder particles TiO_2 (P25 Evonic).**

HNTs are of special importance for nanomedicine and pharmaceuticals. Works [10] give an example of the use of halloysite nanotube cavities for loading, storage, and controlled release of medicinal and biocidal preparations, DNA, proteins, and enzymes. The release rate of biologically active substances adsorbed by HNTs into the solution is 50–100 times lower than for other nanocarriers [19].

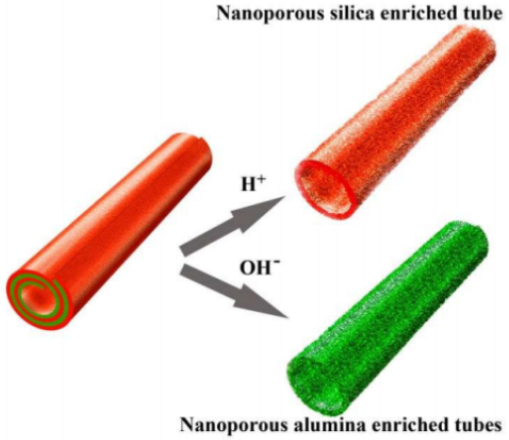
There are various methods to functionalize and improve the properties of HNTs, such as acid activation, intercalation, heat treatment, and chemical modification [15].

Treatment with acid or alkali (Figure 7) of HNTs (pH = 2 or 12) allows selective removal of aluminium or silicon oxides, which helps to increase the volume of the internal lumen without changing the external diameter [10]. Such HNTs can be used as containers of increased capacity.

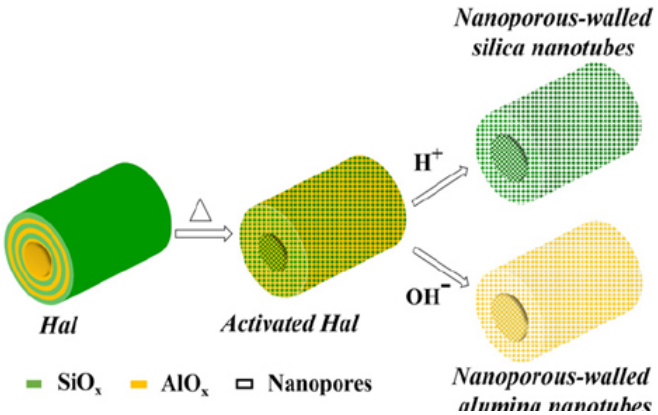
Annealing of halloysite at 800 °C followed by etching allowed the authors to synthesize new effective adsorbents – SiO_2 and Al_2O_3 nanotubes with nanoporous walls with a specific surface area of 414 m^2/g and 159 m^2/g, respectively (Figure 3, a) [20].

Halloysite has high adsorption properties in relation to heavy metals Cu(II), Pb(II), Cd(II), Zn(II), Cr(IV) and Co(II) and solutions containing harmful hydrocarbons (benzene), and as well as toxic gases (ammonia, hydrogen sulfide) [12].

A group of researchers, led by Professor Giuseppe Lazzara (University of Palermo, Italy), [16] use aluminosilicate nanotubes (Figure 1) in their work and prove their significant potential in various processes [4] by changing the surface charge of HNTs (Figure 7) with an increase in pH>7.



а



б

Fig. 7. **а) etching of HNTs with acid [H^+] and alkali [OH^-] [10], б) formation of nanopores in the walls of HNTs during activation (annealing) and subsequent etching with acid [H^+] and alkali [OH^-] [15].**

Conclusions. Titanium dioxide is produced annually in big quantities, including for applications in the food industry for wastewater treatment. TiO_2 is one of the most active photocatalysts that destroys organic compounds to CO_2 in the presence of UV radiation. The rather complex behavior of suspension electrolytes of titanium dioxide/manganese in a fluorine-containing electrolyte, regardless of the phase composition (anatase/rutile), is a window of new possibilities for the creation of functional materials with specified properties.

New intelligent so-called "smart" materials should not only additively combine the properties of components, composites ofTiO_2/MnO_2/HNTS, composition, but also provide certain synergism of properties. Aluminosilicate nanotubes are relatively new objects for research. It is shown that halloysites have a natural origin, a unique structure and morphology, special physicochemical properties and ecological advantages. Due to their hollow tubular structure, different external and internal surface charges, halloysites represent a potential area for the deposition of nanoparticles and provide opportunities for controlled release and delivery of active components, nanocontainers etc.

Based on the above, we consider it expedient to create new promising composites of transition metal oxides with hallusitealuminosilicate nanotubes using electrolytic doping approaches for the degradation of various hazardous objects.

REFERENCES

1. Joussein, E., Petit, S., Churchman, J., Theng, B., Righi, D., Delvaux, B. (2005). Halloysite clay minerals – a review. Clay Minerals, no. 40 (04), pp. 383–426. DOI:10.1180/ 0009855054040180.

2. Yuan, P., Southon, P. D., Liu, Z., Green, M. E. R., Hook, J. M., Antill, S. J., Kepert, S. J. (2008). Functionalization of halloysite clay nanotubes by grafting with γ-aminopropyltriethoxysilane. J. Phys. Chem., vol. 112 (40), pp. 15742–15751. DOI:10.1021/ jp805657t.

3. Yuan, P., Ta, D., Yuan, P., Annabi-Bergaya, F., Yan, W., Liu, D., Liu, Z. (2013). From platy kaolinite to aluminosilicatenanoroll via one-step delamination of kaolinite: effect of the temperature of intercalation. Appl. Clay Sci., vol. 83, no. 84, pp. 68–76. DOI:10.1016/j.clay.2013. 08.027.

4. Lvov, Y., Aerov, A., Fakhrullind, R. (2014). Clay nanotube encapsulation for functional biocomposites. Adv. Colloid Interface Sci., no. 207, pp. 189–198. DOI:10.1016/j.cis.2013.10.006.

5. Bates, T. F., Hildebrand, F. A., Swineford, A. (1950). Morfology and structure of endellite and hallosite. American Mineralogist, vol. 35(7–8), pp. 463–484.

6. Abdullayev, E., Joshi, A., Wei, W., Zhao, Y., Lvov, Y. (2012). Enlargement of Halloysite Clay Nanotube Lumen by Selektive Etching of Aluminum Oxide. ACS Nano, no. 6, pp. 7216–7226. DOI:10.15587/2519 8025.2017.113525.

7. Wang, L., Chen, J. L., Ge, L., Zhu, Z. H., Rudolph, V. (2011). Halloysite-nanotube-supported Ru nanoparticles for ammonia catalytic decomposition to produce CO – Free hydrogen. Energy Fuels, vol. 25, no. 8, pp. 3408–3416. DOI:10.1021/ef200719v.

8. Nicholson, J. C., Weisman, J. A., Boyer, C. J., Wilson, C. G., David, K. (2016). Dry Sintered Metal Coating of Halloysite Nanotubes. Mills. Appl. Sci., no. 6(9), 265 p. DOI:10.3390/ app6090265.

9. Liang, Yu., Huixian, W., Yatao, Z., Bin, Z., Jindun, L. (2016). Recent advances in halloysite nanotube derived composites for water treatment**.** Environ. Sci.: Nano, no. 3, pp. 28–44. DOI:10.1039/ C5EN00149H.

10. Lvov, Y., Wang, W., Zhang, L., Fakhrullin, R. (2015). Halloysite Clay Nanotubes for Loading and Sustained Release of Functional Compound. Advanced Materials. no. 28(6), pp. 1227–1250. DOI:10.1002/ adma.201502341.

11. Abdullayev, E., Lvov, Y. (2013). Halloysite clay nanotubes as a ceramic “skeleton” for functional biopolymer composites with sustained drug release. Journal of materials chemistry B., 1 (23), pp. 2894–2903. DOI:10.1039/C3TB20059K.

12. Sakiewicz, P., Nowosielski, R., Pilarczyk, W., Gołombek, K., Lutyński, M. (2011). Selected properties of the halloysiteasa component of Geosynthetic Clay Liners (GCL). Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 48, pp. 117–191.

13. Sayah, J., Farh, L., Kouch, H., Challioui, A. (2018). Electronic and Optical Properties of Ramsdellite TiO2through mBJPotential. International Journal of Nanoelectronics and Materials, Vol. 11, no. 1, pp. 25–32.

14. Pavlidou, S., Papaspyrides, C.D. (2008). A review on polymer-layered silicate nanocomposites. Progress in Polymer Science, Vol. 33, pp. 1119–1198. DOI:10.1016/j.progpo lymsci.2008.07.008.

15. Skibińska, M. (2019). The sorption capability of halloysite. Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, sectio AA – Chemia, vol. 74, no. 2, 147 p. DOI:10.17951/aa.2017.72.1.47.

16. Massaro, M., Riela, S., Cavallaro, G., Colletti, C. G., Milioto, S. (2016). Ecocompatiblehalloysite/cucurbituril hybrid as efficient nanosponge for pollutants removal. Chemistry Select., vol. 1 (8), pp. 1773–1779. DOI:10.1002/slct.201600322.

17. Lisuzzo, L. (2019). Layered composite based on halloysite and natural polymers: A carrier for the pH controlled release of drugs. New Journal of Chemistry, vol. 43, no. 27, pp. 10887–10893. DOI:10.1039/C9NJ02565K.

18. Massaro, M. (2017). Halloysite nanotubes as support for metal-based catalysts. Journal of Materials Chemistry A, vol. 5, no. 26, pp. 13276–13293. DOI:10.1039/C7TA02996A.

19. Unuabonah, E. I., Taubert, A. (2014). Clay-polymer nanocomposites (CPNs): Adsorbents of the future for water treatment. Applied Clay Science, vol. 99, pp. 83–92. DOI:10.1016/j.clay. 2014.06.016.

20. Liang, Yu., Huixian, W., Yatao, Z., Zhang, B., Jindun, L. (2016). Recent advance of halloysite nanotubes derived composites in water treatment. Environ. Sci.: Nano., no. 3, 28 p. DOI:10.1039/C5EN00149H.

21. Ni, M., Leung, M. K. H., Leung, D.Y.C. (2007). A review and recent developments in photocatalytic water-splitting using TiO2 for hydrogen production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 11, pp. 401–425. DOI:10.1016/j.rser.2005.01.009.

22. Doncova, T. A., Bredyhin, I. V. (2013). The mechanism of photocatalysis on the surface of TiO2. Scientific news of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", no. 3, pp. 114–118.

23. Suprun, N. P., Bereza-Kindzerska, L. V., Brychka, A. V., Brychka, S. Ya. (2016). Synthesis of agar-agar gels filled with aluminosilicate nanotubes for wound dressings. Bulletin of the Kyiv National University of Technology and Design. Technical sciences, no. 4 (100), pp. 49–55.

24. Meo, P., Lazzara, G., Liotta, L., Noto, R. (2014). Cyclodextrin–calixarene co-polymers as a new class of nanosponges. Polymer Chemistry, 5 (15), pp. 4499–4510. DOI:10.1039/ C4PY00325J.

25. Kostenko, E. E., Drokov, V. G. (2009). Analytical chemistry. Kyiv: NUHT, 184 p.

26. Horoshchenko, Y. G. (1970). Chemistry of titanium. Kyiv: NaukovaDumka, 415 p.

27. Ohno, T., Sarukawa, K., Matsumura, M. (2001). Direct observation of suppressed recombination of electron-hole pairs in the TiO_2 nanopowders with anatase-rutile interface: in-situ NEXAFS study under UV irradiation. J. Phys. Chem, vol. 105, pp. 2417–2425. DOI:10.1109/ NMDC.2006.4388962.

Алюмосилікатні нанотрубки галуазиту, як інструмент сучасних нанокомпозитів для харчової безпеки

Гаюк Н.В., Цехмістренко О.С., Селезньова О.О.

Нанорозмірні природні глинисті мінерали, до складу яких входять Si, O, Al та Mg, належать до класу екобезпечних неорганічних матеріалів з унікальною структурою та різноманітною морфологією, зокрема нанострижнів, нановолокон та нанотрубок. Алюмосилікатні галуазитні нанотрубки (ГНТ) є порівняно новими об'єктами дослідження в матеріалознавстві, мають ряд екологічних та економічних переваг, порівняно з вуглецевими (ВНТ), а також фулереном, графеном. Природні галуазити на порядок дешевші за свої синтетичні аналоги. Місця знаходження галуазиту досить поширені, наприклад, у районі Кривого Рогу та інших місцях, в інших країнах. ГНТ, внаслідок високої екологічності та біодоступності, можуть застосовуватися у медицині, в тому числі як носії лікарських засобів з контрольованим виведенням. ГНТ також можуть виявляти фотокаталітичні властивості, мають високі адсорбційні властивості по відношенню до важких металів Cu(II), Pb(II), Cd(II), Zn(II), Cr(IV) і Co(II) та розчинів, що містять барвники, пестициди і деякі інші органічні забруднювачі, а також токсичні гази (амоніак, сірководень). ГНТ у поєднанні з іншими металами, такими як Mn, Ti, набувають різноманітних практичних застосувань. ГНТ вводили для забезпечення кращих функціональних фотоелектрокаталітичних властивостей композитів, що можуть бути підкладкою, особливо у варіанті декорування оксидами нанотрубок. Наприклад, титан, білий пігмент, нетоксичний входить до списку харчових добавок та позначається як E171. Міститься в продуктах харчового призначення: цукерках, печиві, тістечках, курячих філе, крабових паличках, жувальних гумках, шоколадних виробах. Хоча добавки діоксиду титану в харчових продуктах дозволені багатьма офіційними документами, в науковій літературі недостатньо даних щодо потенційної небезпечності діоксиду титану для організму людини.

Підвищений інтерес до TiO_2 обумовлений його високою фотокаталітичною активністю, що дозволяє реалізувати процеси деструкції органічних сполук, в тому числі екотоксикантів, у безпечні продукти. ГНТ, або матеріали на їх основі, знайшли багато корисних застосувань в очищенні питної води та промислових стічних вод. Структурні особливості ГНТ дозволяють отримати на їх основі нові композиційні матеріали такі як, наприклад, імогалітні нанотрубки (ІНТ) широкого функціонального призначення та визначити фізико-хімічні закономірності їх утворення.

Отже, актуальність роботи полягає в об'єднанні галуазитних нанотрубок та діоксиду титану як композитних матеріалів, використовуючи електросинтез, та аналізі впливу фазового складу, фотокаталітичної активності композитного матеріалу на безпечність його практичного застосування, в тому числі в харчової промисловості.

Ключові слова: алюмосилікати, нанотрубки, наноматеріали, внутрішня поверхня, безпека, галуазит, діоксид титану, композити, нанокомпозити, синтез.

Copyright: Haiuk N., Tsekhmistrenko O., Seleznyova A. © 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:
Haiuk N. https://orcid.org/0000-0002-5466-7084
Tsekhmistrenko O. https://orcid.org/0000-0003-0509-4627

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 663.916.7

Термогравіметричний аналіз гідрогелів агару у поєднанні з медом та кунжутним борошном для виробництва желейних батончиків

Боковець С.П., **Перцевой Ф.В.**

Сумський національний аграрний університет

Боковець С.П. E-mail: sergiy_bokovec@ukr.net

OPEN ACCESS

Боковець С.П., Перцевой Ф.В. Термогравіметричний аналіз гідрогелів агару у поєднанні з медом та кунжутним борошном для виробництва желейних батончиків. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 114–123.

Bokovets S., Pertsevoi F. Thermogravimetric analysis of agar hydrogels in combination with honey and sesame flour for the product. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 114–123.

Рукопис отримано: 07.02.2023 р.
Прийнято: 21.02.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-114-123

Важливим фактором стабільності та якості гелів під час виробництва, зберігання та використання у складі кондитерських і кулінарних виробів є їх термостійкість, яка залежить від інгредієнтного складу та вмісту сухих речовин. Статтю присвячено термогравіметричному аналізу гідрогелів на основі агару у поєднанні з медом та кунжутним борошном для виробництва желейних батончиків.

Дослідження складалося з двох етапів. На першому вивчали дослідні зразки – окремі інгредієнти готового гідрогелю: агар 1200 ТМ "Fujian Province" (Китай), гліцерин харчовий ТМ BASF (Germany), мед соняшниковий та кунжутне борошно ТМ «Корисне борошно» (Україна). На другому етапі готували зразки агарових гідрогелів із необхідною кількістю допоміжних інгредієнтів: «агар 1 % - вода - гліцерин 0,2 %», «агар 1 % - вода - гліцерин 0,2 % - мед 25 %», «агар 1 % - вода - гліцерин 0,2 % - мед 25 % - кунжутне борошно 20 %».

Порівняльний аналіз кривих показав, що на всіх стадіях розкладання експериментальних зразків відбуваються втрати маси внаслідок випаровування води. Досліджено, що кінцева втрата маси чистого агару від початку досліду становила 16,91 % (16,75 мг), зміна маси гліцерину – 0,17 % (0,21 мг), втрата маси меду соняшникового – 46,06 % (56,20 мг), а для кунжутного борошна зміна маси становила 7,25 % (8,92 мг).

Дослідження довело, що в комплексних гелях відбувалося зменшення швидкості видалення води, що пов'язано з виникненням додаткових зв'язків між агаром та рецептурними компонентами – медом і кунжутним борошном. Встановлено, що в кінці експерименту маса дослідного зразка, зокрема «агар - вода - гліцерин», змінилася на 42 % (44,10 мг), втрата маси зразка «агар - вода - гліцерин - мед соняшниковий» становила 33,40 % (36,74 мг), маса зразка «агар - вода - гліцерин - мед соняшниковий - кунжутне борошно» поступово зменшувалась та в кінці експерименту змінилася на 28,82 % (34,59 мг) при нагріванні, що пов'язано з випаровуванням водної фази.

Ключові слова: термогравіметричний аналіз, дериватограми, агар, мед, гліцерин, кунжутне борошно, гідрогелі.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Агарові гелі широко використовуються у виробництві різних кондитерських виробів, зокрема желейних батончиків. Нами запропоновано спосіб інноваційної технології желейних батончиків на основі агару шляхом внесення в рецептуру додаткових інгредієнтів меду та борошна кунжутного, багатих на поживні речовини, для використання їх у кондитерській галузі та ресторанному господарстві. Під час виробництва батончиків з гелеподібною структурою агар слід розглядати не як харчову добавку, а як основний інгредієнт, що визначає структуру готового продукту. Гелі є складними багатокомпонентними системами, що містять високомолекулярні речовини і низькомолекулярну рідину (воду). Щоб скласти рецептури для приготування розчинів з оптимальними

властивостями, необхідно вивчити реологічні властивості водних розчинів окремих компонентів. Важливим фактором стабільності та якості гелів під час виробництва, зберігання та використання у складі кондитерських і кулінарних виробів є їх термостійкість, яка залежить від інгредієнтного складу та вмісту сухих речовин [1–3].

Сьогодні термічний аналіз, особливо дериватографія, є одним із найпоширеніших фізико-хімічних методів дослідження. Він дає змогу вивчати поведінку різних речовин як індивідуально, так і в композиції за запрограмованих умов нагрівання. На практиці різні процеси, що відбуваються під час нагрівання зразка, кількісно оцінюють за екзотермічними кривими та кривими втрати маси [4].

У ході аналітичного огляду виявлено, що дослідження, які стосуються термогравіметричного аналізу гідрогелів агару, у літературі мають розрізнений характер. Це обумовлює актуальність обраного напряму.

Термогравіметричним аналізом агарових гелів, меду та кунжуту займались багато вітчизняних та зарубіжних учених [5–22].

Авторами [5–8] досліджено термічну деструкцію агару. Встановлено, що термічна деградація агару є одностадійною реакцією, температура термічної деградації зростає зі збільшенням міцності гелю, тобто термічна стабільність агару позитивно корелює з міцністю його гелю. Чим вища міцність гелю агару, тим краща його термічна стабільність.

Вченими [9–12] проведено термогравіметричний аналіз агарового гелю та суміші агару у поєднанні з альгінатом натрію. Аналіз підтвердив щеплення суміші з альгінатом натрію. В агарі втрата маси відбувалася в три етапи: до 105, 370 і 540 ºС, що відповідає 12, 64 і 97 % втрат ваги, відповідно.

Метою науковців [13–15] було дослідження реологічних та термічних властивостей різних видів меду. Встановлено, що температура склування змінювалася, залежно від рослинного походження та вмісту вологи в аналізованому зразку меду. Значення температури склування коливалися від 38,54 ºС (малиновий мед) до 45,82 ºС (соняшниковий мед).

Дослідниками [16–18] вивчено термічну деградацію різних видів меду та їх фізико-хімічних властивості. Зразки меду показали подібні профілі термічної деградації, причому термічний процес починався за кімнатної температури і завершувався за температури майже 60 ºС. Термічну поведінку меду також вивчали дослідники А. Відал, В. Санчіс, А. Рамос, С. Шанкар та ін. [19–20].

Авторами [21–22] проведено диференційно-термічний аналіз кунжуту та кунжутної олії. Встановлено, що кунжутна олія є добре стабілізованою проти термічного розкладання завдяки збалансованому співвідношенню моно- та поліненасичених жирних кислот і наявності природних антиоксидантів, зокрема сезамолу і токоферолу.

Мета дослідження – термогравіметричний аналіз гідрогелів агару у поєднанні з медом та кунжутним борошном для виробництва желейних батончиків.

Матеріал і методи дослідження. З метою вивчення термічного розкладання, окиснення, сумісності активних та допоміжних речовин доцільно застосовувати термогравіметричний аналіз, який дає змогу отримувати дериваторами як індивідуальних речовин, так і їх композицій. Дослідження складалося з двох етапів. На першому вивчали окремі інгредієнти запропонованих желейних батончиків: агар 1200 ТМ "Fujian Province" (Китай), гліцерин харчовий ТМ BASF (Germany), мед соняшниковий та кунжутне борошно ТМ «Корисне борошно» (Україна).

На другому етапі готували зразки агарових гідрогелів, що слугують як корпус для запропонованих батончиків, із необхідною кількістю допоміжних інгредієнтів: «агар 1 % – вода – гліцерин 0,2 %», «агар 1 % – вода – гліцерин 0,2 % – мед 25 %», «агар 1 % – вода – гліцерин 0,2 % – мед 25 % – кунжутне борошно 20 %».

Отримані дані дериватограф графічно фіксував у вигляді кривих T, DTA, TG, DTG, які представлено на рисунках 1–7. Крива T, ºС на дериватограмі показує зміну температури, а крива TG, m – зміну маси зразка в період дослідження. Крива DTA відображає диференціювання теплових ефектів, містить інформацію про ендотермічні та екзотермічні максимуми. Крива ДТГ реєструє зміну маси речовини в залежності від часу або температури.

Результати дослідження та обговорення. Аналіз дериватограми агару (рис. 1) показав, що цей зразок є відносно термічно стабільною сполукою в діапазоні температур від 17 до 45 ºС. На сімнадцятій хвилині експерименту, за температури 46,2 ºС, спостерігали зміну маси зразку, яка від початку експерименту змінилася на 0,33 % (0,33 мг). На двадцять дев'ятій хвилині експерименту, за температури 70,66 ºС, маса сполуки змінилася на 3,95 % (3,99 мг), а на сорок першій хвилині експерименту, за температури 120,78 ºС, зміна маси агару вже становила 13,68 % (13,54 мг).

Наприкінці експерименту, за температури 207 ºС, втрата маси зразка від початку досліду становила 16,91 % (16,75 мг).

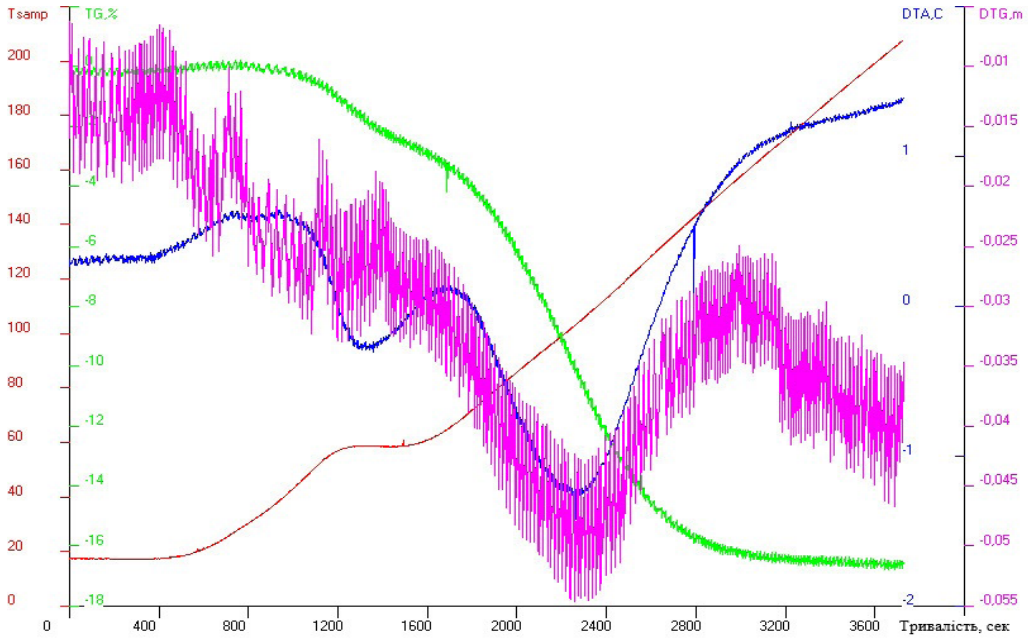


Рис. 1. **Дериватограма чистого агару.**

Як видно з наведених даних (рис. 2), діюча речовина – гліцерин є термічно стійкою сполукою в діапазоні температур від 20 до 150 ºС. На сорок шостій хвилині експерименту, за температури 150,88 ºС, маса дослідного зразка зменшилась на 0,44 % (0,56 мг), а вже на шістдесятій хвилині досліду, за температури 205,36 ºС, спостерігали незначний ендотермічний ефект, при цьому маса гліцерину зменшилась на 4,70 % (5,87 мг). Потім поступово маса зменшувалась до 45,45 % (56,82 мг) за температури 230,65 ºС.

Встановлено (рис. 3), що до 45 ºС досліджуваний зразок меду є стабільним. На шістнадцятій хвилині експерименту, за температури 45,12 ºС, спостерігається зміна маси зразка, яка від початку експерименту змінилася на 0,17 % (0,21 мг).

На тридцять четвертій хвилині експерименту, за температури 120,05 ºС, маса зразка змінилася на 4,76 % (5,81 мг), а на сорок сьомій хвилині експерименту, за температури 172,78 ºС, зміна маси меду вже становила 16,41 % (20,02 мг). Наприкінці експерименту, за температури 249,41 ºС, втрата маси зразку від початку досліду становила 46,06 % (56,20 мг.)

Як видно з наведених даних (рис. 4), кунжутне борошно є термічно стійким в діапазоні температур від 20 до 50 ºС. На шістнадцятій хвилині експерименту, за температури 50,37 ºС, маса дослідного зразка зменшилась на 0,15 % (0,18 мг). Втрата маси зразка за температури 110,06 ºС становила 3,73 % (4,58 мг), а вже на тридцять шостій хвилині досліду, за температури 130,42 ºС, спостерігали зміну маси на 5,24 % (6,45 мг). Потім поступово маса зменшувалась до 7,25 % (8,92 мг) за температури 197 ºС.

Встановлено (рис. 5), що до 35 ºС зразки агарового гідрогелю у поєднанні з гліцерином стабільні, а зміна маси досліджуваного зразка починається за температури 35,60 ºС. В інтервалі температур 40–145 ºС втрата маси зразка супроводжується вираженим ендотермічним ефектом – випарюванням та становить 28,94 % (30,39 мг) від початку досліду. На сорок дев'ятій хвилині експерименту, за температури 190,43 ºС, маса зразка зменшилась на 35,99 % (37,79 мг). У кінці експерименту маса дослідного зразка змінилася на 42 % (44,10 мг).

Аналіз дериватограми модельного зразка «агар – вода – гліцерин – мед» (рис. 6) показав, що цей зразок є стабільним в діапазоні температур від 20 до 30 ºС. На п'ятнадцятій хвилині експерименту, за температури 30,23 ºС, спостерігали зміну маси зразка, яка від початку експерименту змінилася на 0,82 % (0,90 мг). За подальшого нагрівання відбувається значна втрата води внаслідок її інтенсивного випаровування – 13,82 % (15,26 мг), а за температури 150 ºС зміна маси агару вже становила 24,89 % (27,38 мг). Це, ймовірно, пов'язано з випаровуванням водної фази. Наприкінці

експерименту, за температури 208 ºС, втрата маси зразка від початку досліду становила 33,40 % (36,74 мг).

З рисунку 7 видно, що модельний зразок «агар – вода – гліцерин – мед – кунжутне борошно» має подібний профіль динаміки зміни маси у порівнянні з попереднім зразком, однак втрата маси була дещо нижчою. В інтервалі температур 30–120 ºС втрата маси досліджуваного зразка становила 11,08 % (13,29 мг). Далі маса поступово зменшувалась та в кінці експерименту змінилася на 28,82 % (34,59 мг) за температури 204 ºС, що пов'язано з випаровуванням водної фази.

У таблиці 1 представлено теплофізичні характеристики трьох різних модельних систем на основі агару з додаванням різних інгредієнтів, які додаються до складу гелю.

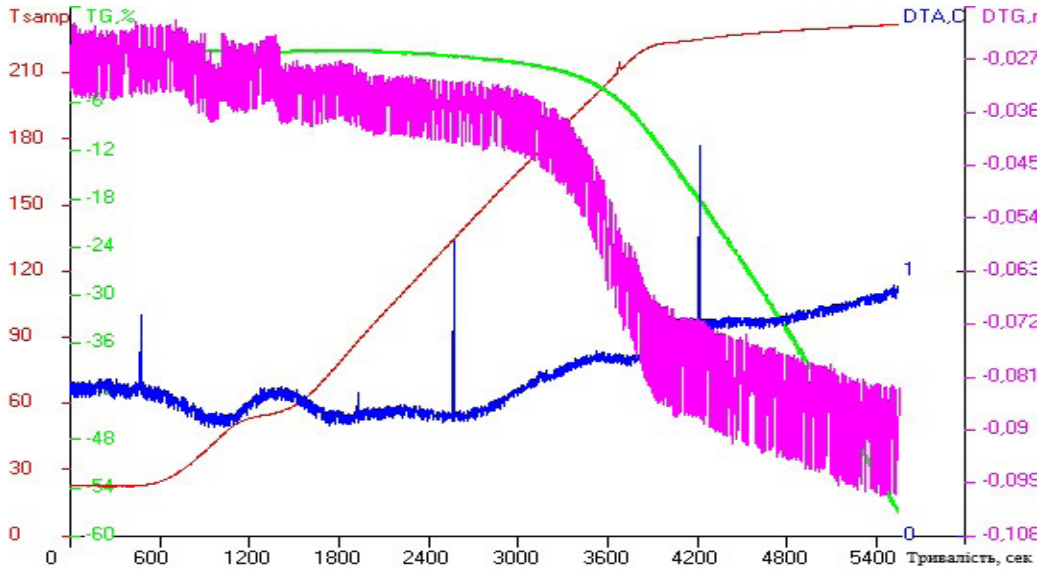


Рис. 2. **Дериватограма гліцерину.**

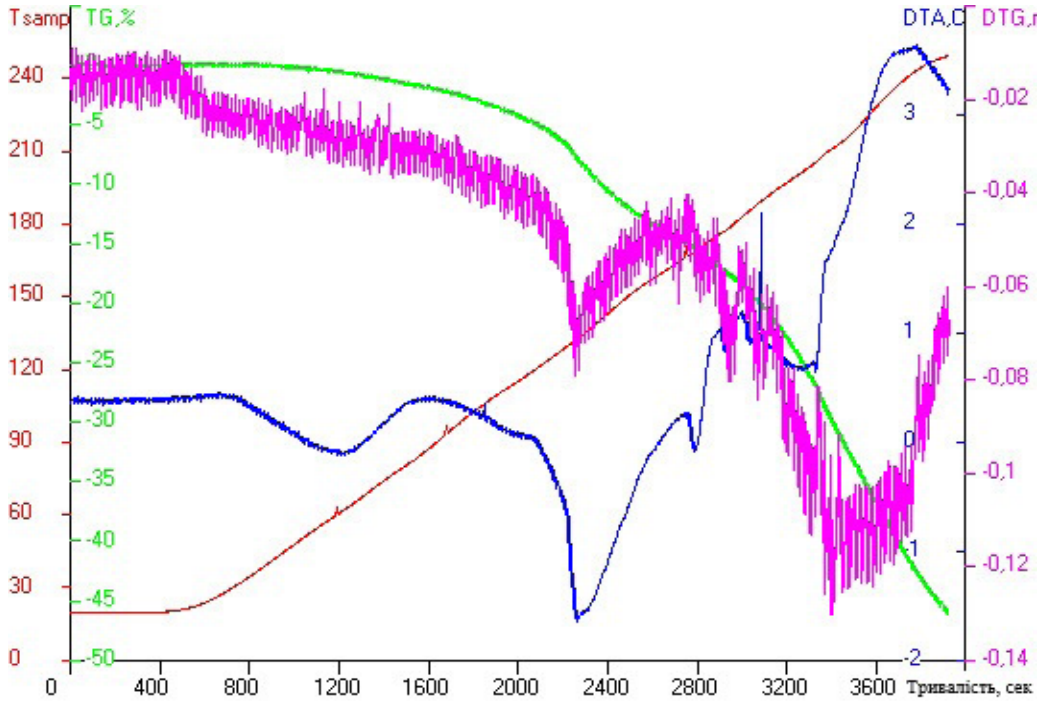


Рис. 3. **Дериватограма меду соняшникового.**

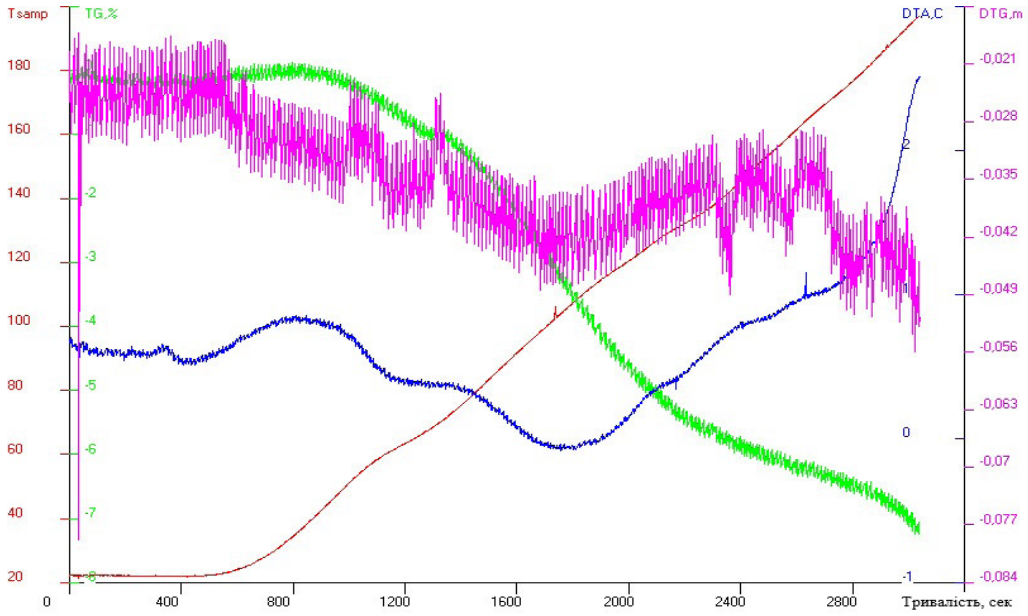


Рис. 4. **Дериватограма кунжутного борошна.**

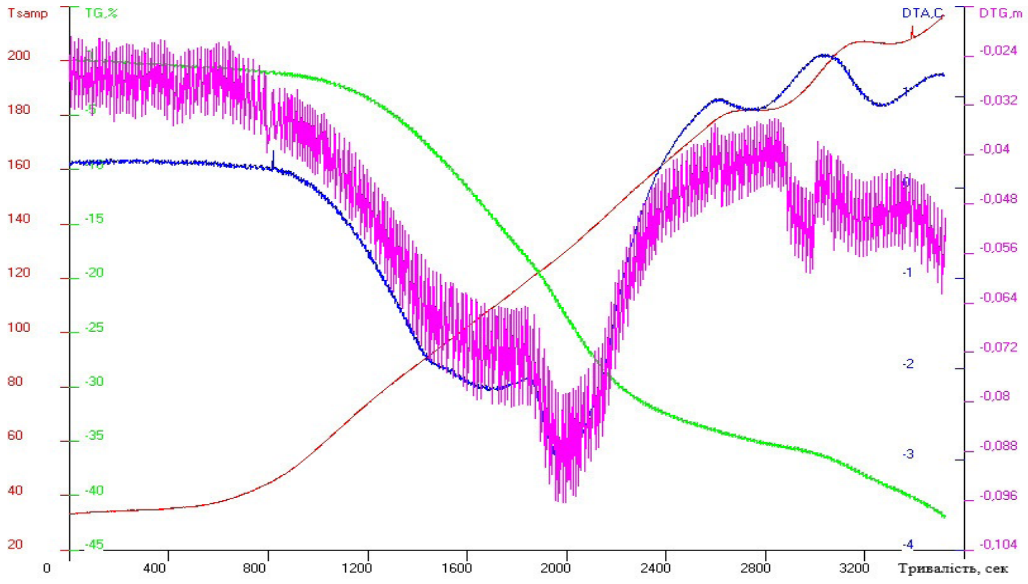


Рис. 5. **Дериватограма гідрогелю «агар – вода – гліцерин».**

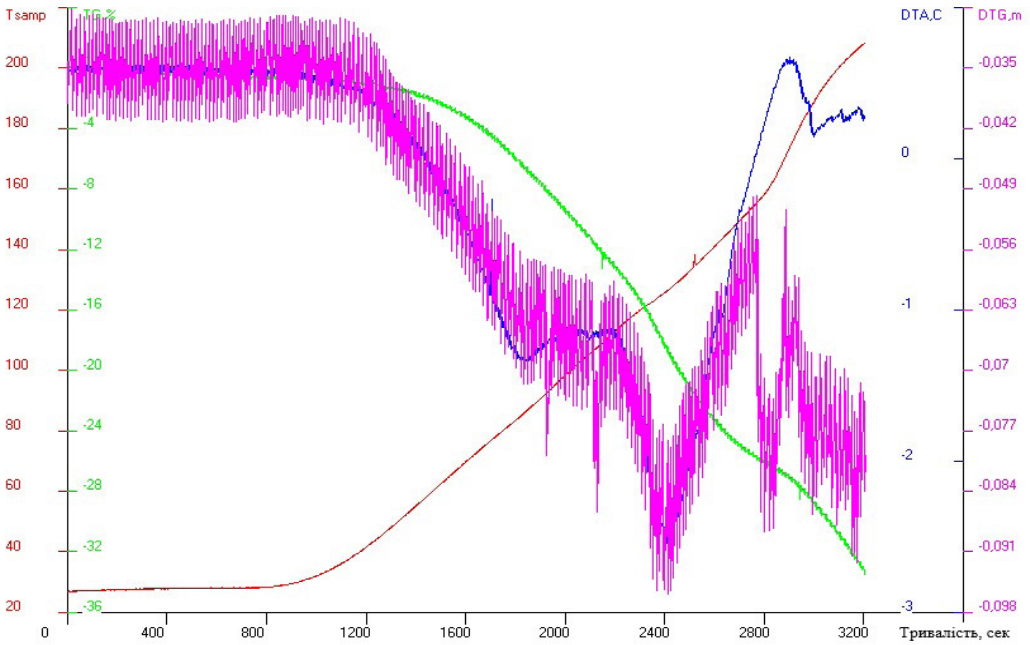


Рис. 6. **Дериватограма гідрогелю «агар – вода – гліцерин – мед».**

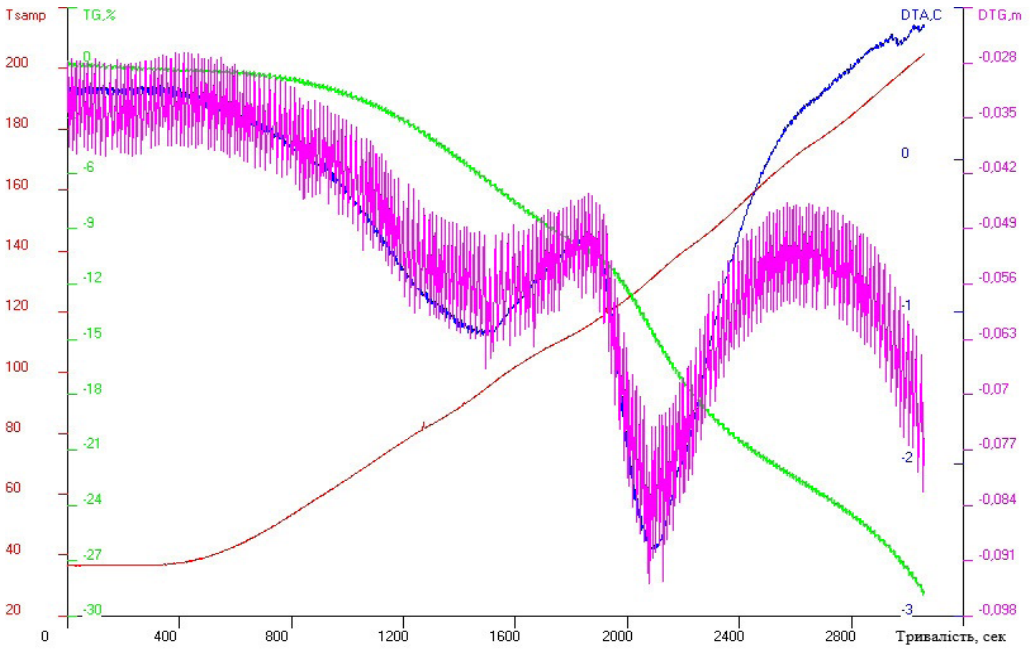


Рис. 7. **Дериватограма гідрогелю «агар – вода – гліцерин – мед – кунжутне борошно».**

Таблиця 1 **– Теплофізичні характеристики агарових гелів**

Модельні системи	Характеристики	
	Температура нагрівання, °С	Зміна маси, %
Агар – вода – гліцерин	35	–
	145	28,94
	190	35,99
	217	42,00
Агар – вода – гліцерин – мед	30	–
	115	13,82
	150	24,89
	208	33,40
Агар – вода – гліцерин – мед – кунжутне борошно	30	–
	120	11,08
	160	21,24
	204	28,82

З таблиці видно, що серед усіх досліджених зразків найбільшу термічну стійкість має модельний зразок «агар – вода – гліцерин – мед – кунжутне борошно», оскільки він зберігає свою масу майже без змін навіть після нагрівання до 204 °С. Крім того, цей зразок має найнижчу зміну маси за всіх температур, у порівнянні з іншими модельними системами. Умови та хід експерименту дають змогу висунути гіпотезу, що цей зразок є найбільш термостійким серед усіх досліджених зразків.

Результати отриманих досліджень агарових гелів можуть бути корисними для виробництва желейних батончиків з високою термостійкістю, завдяки якій желейні батончики можуть зберігатися за високих температурах і не втрачати свої властивості, такі як форма, текстура та смак.

Висновки. Проведено термогравіметричний аналіз рецептурних компонентів желейних батончиків, зокрема агару, гліцерину, меду, кунжутного борошна, а також модельних систем «агар – вода – гліцерин», «агар – вода – гліцерин – мед», «агар – вода – гліцерин – мед – кунжутне борошно», які слугують корпусом для батончиків.

Порівняльний аналіз кривих (TG, DTG, DTA, T) дає підстави вважати, що на всіх стадіях розкладання експериментальних зразків агарових гелів відбуваються втрати маси внаслідок випаровування води. Однак у комплексних гелях відбувається зменшення швидкості видалення води, що пов'язано з виникненням додаткових зв'язків між агаром та рецептурними компонентами желейного батончика – медом і кунжутним борошном. Доведено, що найбільшу термічну стійкість має зразок «агар – вода – гліцерин – мед – кунжутне борошно». Об'єкт дослідження характеризують високою термостійкістю. Поєднання зазначених компонентів позитивно вплине на терміни зберігання желейних батончиків, адже з таким компонентним складом вони можуть бути зручними для перевезення та зберігання, зокрема в умовах високих температур. Крім того, використання агарових гелів з низькою зміною маси під час нагрівання може допомогти зберегти корисні властивості продукту, такі як вміст вітамінів та мікроелементів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дорохович А. М., Мурзін А. В., Клепіков І. Л. Тиксотропія кондитерських агарових гелів. Хлебный и кондитерский бизнес. 2014. № 6 (19). С. 34–37. URL:http://dspace.nuft. edu.ua/jspui/handle/123456789/20285.

2. Соколовська І. О., Камбулова Ю. В., Оверчук Н. О. Дослідження ступеню зв'язування води в гелях пектину і альгінату натрію. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 2(11). С. 1–11. DOI:10.15587/1729-4061.2016.65746.

3. Шаніна О. М., Боровікова Н. О., Гавриш Т. В., Дугіна К. В., Фейзопуло О. Е. Вплив добавок білкової та полісахаридної природи на вологоутримуючу здатність безклейковинного тіста. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. 2019. 207. С. 132–141. URL:https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/4970.

4. Дериватографічні дослідження компонентів розроблених молоковмісних термостабільних начинок з желатином та трансглютаміназою / О. Ю. Кошель та ін. Науковий вісник ТДАТУ. 2020. Вип. 10. Т. 2. С. 232–238. URL:http://repo.snau.edu.ua:8080/xmlui/handle/ 123456789/9029.

5. Thermal degradation of agar: mechanism and toxicity of products / Q. Q. Ouyang et al. Food Chemistry. 2018. Vol. 264. P. 277–283. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.04.098.

6. Shankar S., Reddy J. P., Rhim J. W. Effect of lignin on water vapor barrier, mechanical, and structural

properties of agar/lignin composite films. International Journal of Biological Macromolecules. 2015. Vol. 81. P. 267–273. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2015.08.015.

7. Kasprzyk I., Depciuch J., Grabek-Lejko D., Parlinska-Wojtan M. FTIR-ATR Spectroscopy of Pollen and Honey as a Tool for Unifloral Honey Authentication. The Case Study of Rape Honey. Food Control. 2018. Vol. 84 P. 33–40. DOI:10.1016/j.foodcont.2017.07.015.

8. Martínez-Sanz M., Gómez-Mascaraque L. G., Ballester A. R. Production of unpurified agar-based extracts from red seaweed Gelidium sesquipedale by means of simplified extraction protocols. Algal Research. 2019. Vol. 38. 101420 p. DOI:10.1016/j.algal.2019.101420.

9. Thermal degradation kinetics of all-trans and cis-carotenoids in a light-induced model system / Y. D. Xiao et al. Food Chemistry. 2018. Vol. 239. P. 360–368. DOI:10.1016/j.foodchem. 2017.06.107.

10. Pradhan G., Chandra Sharma Y. Studies on green synthesis of glycerol carbonate from waste cooking oil derived glycerol over an economically viable NiMgOx heterogeneous solid base catalyst. Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 264. 121258 p. DOI:10.1016/j.jclepro.2020. 121258.

11. Neuroprotective Effects of Engineered Polymeric Nasal Microspheres Containing Hydroxypropyl-β-cyclodextrin on β-Amyloid (1-42)–Induced Toxicity / A. Yalcin et al. Journal of Pharmaceutical Sciences. 2016. Vol. 105 (8). P. 2372–2380. DOI:10.1016/j.xphs.2016.05.017.

12. Differentiation of Anatolian Honey Samples from Different Botanical Origins by ATR-FTIR Spectroscopy Using Multivariate Analysis / S. Gok et al. Food Chemistry. 2015. Vol. 170. P. 234–240. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.08.040.

13. Pauliuc D., Dranca F., Ropciuc S., Oroian M. Advanced Characterization of Monofloral Honeys from Romania. Food Agriculture. 2022. Vol. 12 (4). 526 p. DOI:10.3390/agriculture 12040526.

14. Siddiqui A. J., Musharraf S. G., Choudhary M. I., Rahman A. Application of Analytical Methods in Authentication and Adulteration of Honey. Food Chem. 2017. Vol. 217. P. 687–698. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.09.001.

15. Singh I., Singh S. Honey Moisture Reduction and Its Quality. Journal of Food Science and Technology. 2018. Vol. 55. P. 3861–3871. DOI:10.1007/s13197-018-3341-5.

16. Thermal degradation of honeys and evaluation of physicochemical properties / I. A. A. Silva et al. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2013. Vol. 114. P. 353–358. DOI:10. 1007/s10973-012-2926-x.

17. Shankar S., Rhim J. W. Tocopherol-mediated synthesis of silver nanoparticles and preparation of antimicrobial PBAT/silver nanoparticles composite films. LWT - Food Science and Technology. 2016. Vol. 72. P. 149–156. DOI:10.1016/j.lwt.2016.04.054.

18. Fathiraja P., Gopalrajan S., Karunanithi M. Process optimization and characterization of composite biopolymer films obtained from fish scale gelatin, agar and chitosan using response surface methodology. Polymer Bulletin. 2022. DOI:10.1007/s00289-022-04540-4.

19. Vidal A., Sanchis V., Ramos A. J., Marin S. Thermal stability and kinetics of degradation of deoxynivalenol, deoxynivalenol conjugates and ochratoxin A during baking of wheat bakery products. Food Chemistry. 2015. Vol. 178. P. 276–286. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.01.098.

20. Shankar S., Teng X., Rhim J. W. Properties and characterization of agar/CuNP bionanocomposite films prepared with different copper salts and reducing agents. Carbohydrate Polymers. 2014. Vol. 114. P. 484–492. DOI:10.1016/j.carbpol.2014.08.036.

21. Ghosh M., Upadhyay R., Mahato D. K., Mishra H. N. Thermal and oxidative stability assessment of synergistic blends of sunflower and sesame oils tailored for nutritionally stable composition of omega fatty acids. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2019. Vol. 135. P. 2389–2398. DOI:10.1007/s10973-018-7342-4.

22. Bhatnagar A. S., Hemavathy J., Krishna A. G. Development of a rapid method for determination of lignans content in sesame oil. Journal of Food Science and Technology. 2015. Vol. 52. P. 521–527. DOI:10.1007/s13197-013-1012-0.

REFERENCES

1. Dorokhovych, A. M., Murzin, A. V., Klepikov, I. L. (2014). Tyksotropiia kondyterskykh aharovykh heliv [Thixotropy of confectionery agar gels]. Hlebnyj i konditerskij biznes [Bread and confectionery business]. no. 6 (19), pp. 34–37. Available at:http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/ handle/123456789/20285.

2. Sokolovska, I. O., Kambulova, Yu. V., Overchuk, N. O. (2016). Doslidzhennia stupeniu zviazuvannia vody v heliakh pektynu i alhinatu natriiu [Study of the degree of water binding in pectin and sodium alginate gels]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, no. 2 (11), pp. 1–11. DOI:10.15587/1729-4061.2016.65746.

3. Shanina, O. M., Borovikova, N. O., Havrysh, T. V., Duhina, K. V., Feizopulo, O.E. (2019). Vplyv dobavok bilkovoi ta polisakharydnoi pryrody na volohoutrymuiuchu zdatnist bezkleikovynnoho tista [The effect of protein and polysaccharide additives on the moisture-retaining capacity of gluten-free dough]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva [Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture]. no. 207, pp. 132–141. Available at:https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/ 4970.

4. Koshel, O. Yu., Pertsevoi, F. V., Marchenko, O. S., Chuiko, O. V., Samilyk, M. M. (2020). Deryvatohrafichni doslidzhennia komponentiv rozroblenykh molokovmisnykh termostabilnykh nachynok z zhelatynom ta transhliutaminazoiu. [Derivatographic studies of the components of the developed milk-containing thermostable fillings with gelatin and transglutaminase]. Naukovyi visnyk TDATU [Scientific Bulletin of TDATU]. no. 10, pp. 232–238. Available at: http://repo.snau. edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/9029.

5. Ouyang, Q. Q., Zhang, H., Li, S. D., Quan, W. Y., Wen, L. L., Yang, Z. M., Li, P. W. (2018). Thermal degradation of agar: mechanism and toxicity of products. Food Chemistry, vol. 264, pp. 277–283. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.04.098.

6. Shankar, S., Reddy, J. P., Rhim, J. W. (2015). Effect of lignin on water vapor barrier, mechanical, and structural properties of agar/lignin composite films. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 81, pp. 267–273. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2015.08.015.

7. Kasprzyk, I., Depciuch, J., Grabek-Lejko, D., Parlinska-Wojtan, M. (2018). FTIR-ATR Spectroscopy of Pollen and Honey as a Tool for Unifloral Honey Authentication. The Case Study of Rape Honey. Food Control, vol. 84, pp. 33–40. DOI:10.1016/j.foodcont.2017.07.015.

8. Martínez-Sanz, M., Gómez-Mascaraque, L. G., Ballester, A. R. (2019). Production of unpurified agar-based extracts from red seaweed Gelidium sesquipedale by means of simplified extraction protocols. Algal Research, vol. 38, 101420 p. DOI:10.1016/j.algal.2019.101420.

9. Xiao, Y. D., Huang, W. Y., Li, D. J., Song, J. F., Liu, C. Q., Wei, Q. Y., Zhang, M., Yang, Q. M. (2018). Thermal degradation kinetics of all-trans and cis-carotenoids in a light-induced model system. Food Chemistry, vol. 239, pp. 360–368. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.06.107.

10. Pradhan, G., Chandra Sharma, Y. (2020). Studies on green synthesis of glycerol carbonate from waste cooking oil derived glycerol over an economically viable NiMgOx heterogeneous solid base catalyst. Journal of Cleaner Production, vol. 264, 121258 p. DOI:10.1016/j.jclepro.2020. 121258.

11. Yalcin, A., Soddu, E., Turunc Bayrakdar, E., Uyanikgil, Y., Kanit, L., Armagan, G., Rassu, G., Gavini, E., Giunchedi, P. (2016). Neuroprotective Effects of Engineered Polymeric Nasal Microspheres Containing Hydroxypropyl-β-cyclodextrin on β-Amyloid (1-42)–Induced Toxicity. Journal of Pharmaceutical Sciences, vol. 105 (8). pp. 2372–2380. DOI:10.1016/j.xphs.2016.05.017.

12. Gok, S., Severcan, M., Goormaghtigh, E., Kandemir, I., Severcan, F. (2015). Differentiation of Anatolian Honey Samples from Different Botanical Origins by ATR-FTIR Spectroscopy Using Multivariate Analysis. Food Chemistry, vol. 170, pp. 234–240. DOI:10.1016/j. foodchem.2014.08.040.

13. Pauliuc, D., Dranca, F., Ropciuc, S., Oroian, M. (2022). Advanced Characterization of Monofloral Honeys from Romania. Food Agriculture, Vol. 12 (4), 526 p. DOI:10.3390/agriculture 12040526.

14. Siddiqui, A. J., Musharraf, S. G., Choudhary, M. I., Rahman, A. (2017). Application of Analytical Methods in Authentication and Adulteration of Honey. Food Chem., vol. 217, pp. 687–698. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.09.001.

15. Singh, I., Singh, S. (2018). Honey Moisture Reduction and Its Quality. Journal of Food Science and Technology, vol. 55, pp. 3861–3871. DOI:10.1007/s13197-018-3341-5.

16. Silva, I. A. A., Souza, A. L., Cordeiro, A. M., Soledade T. M., L. E. B., Queiroz, N., Souza, A. G. (2013). Thermal degradation of honeys and evaluation of physicochemical properties. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, vol. 114, pp. 353–358. DOI:10.1007/s10973-012-2926-x.

17. Shankar, S., Rhim, J. W. (2016). Tocopherol-mediated synthesis of silver nanoparticles and preparation of antimicrobial PBAT/silver nanoparticles composite films. LWT - Food Science and Technology, vol. 72, pp. 149–156. DOI:10.1016/j.lwt.2016.04.054

18. Fathiraja, P., Gopalrajan, S., Karunanithi, M. (2022). Process optimization and characterization of composite biopolymer films obtained from fish scale gelatin, agar and chitosan using response surface methodology. Polymer Bulletin. DOI:10.1007/s00289-022-04540-4.

19. Vidal, A., Sanchis, V., Ramos, A. J., Marin, S. (2015). Thermal stability and kinetics of degradation of deoxynivalenol, deoxynivalenol conjugates and ochratoxin A during baking of wheat bakery products. Food Chemistry, vol. 178, pp. 276–-286. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.01.098.

20. Shankar, S., Teng, X., Rhim, J. W. (2014). Properties and characterization of agar/CuNP bionanocomposite films prepared with different copper salts and reducing agents. Carbohydrate Polymers, vol. 114, pp. 484–492. DOI:10.1016/j.carbpol.2014.08.036.

21. Ghosh, M., Upadhyay, R., Mahato, D. K., Mishra, H. N. (2019). Thermal and oxidative stability assessment of synergistic blends of sunflower and sesame oils tailored for nutritionally stable composition of omega fatty acids. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, vol. 135, pp. 2389–2398. DOI:10.1007/s10973-018-7342-4.

22. Bhatnagar, A. S., Hemavathy, J., Krishna, A. G. (2015). Development of a rapid method for determination of lignans content in sesame oil. Journal of Food Science and Technology, vol. 52, pp. 521–527. DOI:10.1007/s13197-013-1012-0.

Thermogravimetric analysis of agar hydrogels in combination with honey and sesame flour for the product

Bokovets S., Pertsevoi F.

An important factor in the stability and quality of gels during production, storage and use as part of confectionery and culinary products is their heat resistance, which depends on the ingredient composition and the content of dry substances. The article is devoted to the thermogravimetric analysis of agar-based hydrogels in combination with honey and sesame flour for the production of bars.

The study consisted of two stages. At the first, experimental samples were studied - individual ingredients of the finished hydrogel: agar 1200 TM "Fujian Province" (China), food glycerin TM BASF (Germany), sunflower honey and sesame flour TM "Useful flour" (Ukraine). At the second stage, samples of agar hydrogels were prepared with the required amount of auxiliary ingredients: "agar 1%-water-glycerol 0.2%", "agar 1%-water-glycerol 0.2%-honey 25%", "agar 1%-water-glycerin 0.2%-honey 25%-sesame flour 20%".

The comparative analysis of the curves showed that at all stages of decomposition of the experimental samples, mass losses occur due to water evaporation. It was investigated that the final mass loss for pure agar from the beginning of the experiment was 16.91% (16.75 mg), the change in the mass of glycerin was 0.17% (0.21 mg), the mass loss of sunflower honey was 46.06% (56.20 mg.), and for sesame flour, the mass change was 7.25% (8.92 mg).

However, in complex gels, there was a decrease in the rate of water removal, which is associated with the appearance of additional bonds between agar and recipe components - honey and sesame flour. It was established that at the end of the experiment, the mass of the test sample, namely "agar-water-glycerin", changed by 42% (44.10 mg), the mass loss of the "agar-water-glycerin-sunflower honey" sample was 33.40% (36.74 mg.), the mass of the sample "agar-water-glycerin-sunflower honey-sesame flour" gradually decreased and at the end of the experiment changed by 28.82% (34.59 mg) at the temperature, which is associated with the evaporation of water phases.

Key words: thermogravimetric analysis, derivatograms, agar, honey, glycerin, sesame flour, hydrogels.

Copyright: Боковець С.П., Перцевой Ф.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:
Боковець С.П. https://orcid.org/0000-0003-0466-2426
Перцевой Ф.В. https://orcid.org/0000-0002-3111-5017

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 637.344:663.674

Формування структури низькокалорійного морозива із рослинними складовими

Наріжний С.А.[1], Білий В.Ю.[1], Рудакова Т.В.[2], Мінорова А.В.[2], Вежлівцева С.П.[3]

[1] *Білоцерківський національний аграрний університет*
[2] *Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ*
[3] *Київський національний торговельно-економічний університет*

Наріжний С.А. E-mail: sergiynarizhnyy@gmail.com

OPEN ACCESS

Наріжний С.А., Білий В.Ю., Рудакова Т.В., Мінорова А.В., Вежлівцева С.П. Формування структури низькокалорійного морозива із рослинними складовими. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 124–131.

Narizhnyy S., Bilyi V., Rudakova T., Minorova A., Vezhlivtseva S. Formation of the structure of low-calorieice cream with vegetableing redients. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 124–131.

Рукопис отримано: 02.05.2023 р.
Прийнято: 22.05.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-124-131

Якість морозива залежить від багатьох факторів: сировини, рецептури, умов виробництва та зберігання тощо. Вибір інгредієнтів під час виготовлення морозива має важливе значення, оскільки впливає не тільки на харчову цінність та функціональну спрямованість, а також і на формування структури кінцевого продукту.

Низькокалорійне морозиво за своїм складом та характеристиками найбільше відповідає вимогам до продуктів для здорового харчування. Проте у низькокалорійному морозиві зависока масова частка вологи (приблизно 70 %), внаслідок чого під час заморожування в ньому формуються кристали льоду. Тому для удосконалення органолептичних та реологічних показників низькокалорійного морозива збільшують масову частку сухих речовин застосуванням продуктів переробки молока, зокрема: сухого знежиреного молока (СЗМ) та сироваткових концентратів (концентрат сироваткових білків (КСБ), сироватки сухої демінералізованої (ССД), рослинних (яблучний порошок) інгредієнтів, в тому числі, зернових (рисове та кунжутне борошно), харчових волокон (інулін та ін).

Метою роботи було – дослідження впливу сироваткових концентратів та рослинних інгредієнтів на формування структури низькокалорійного молочного морозива в процесі його виробництва.

У статті представлено результати досліджень дисперсності структурних елементів сумішей низькокалорійного морозива і структурно-механічних властивостей за показниками ефективної в'язкості та енергії активації. Встановлено, що з підвищенням швидкості зсуву відбувається зниження показників ефективної в'язкості в усіх зразках молочних сумішей для морозива. Наявність у складі сумішей для морозива сироваткових та рослинних компонентів сприяє підвищенню коефіцієнта консистенції та енергії активації. Причому у молочній суміші з КСБ та рисовим борошном ці показники у 2,8 разів вищі за показники контролю, який представлений традиційним видом молочного морозива. У результаті вивчення мікроструктури зразків суміші для низькокалорійного морозива встановлено, що після оброблення дослідні зразки низькокалорійного морозива більш насичені повітрям, а, отже, їх збитість вища, у порівнянні з контролем. Показано, що повітряні бульбашки в дослідних зразках – гомогенні і рівномірно розподілені на всій поверхні морозива. При цьому вміст дрібнодисперсних бульбашок повітря у дослідних зразках морозива розмірами від 1 до 30 мкм знаходяться в межах 29–43 %, на відміну від контролю, в якому – 18 %.

Експериментально доведено, що додавання у суміш для морозива сироваткових концентратів і рослинних інгредієнтів з наступним обробленням сприяє утворенню однорідного структурного каркасу з рівномірним розподілом компонентів у готовому продукті. Отримані результати досліджень підтверджують суттєвий вплив в'язкості сумішей на збитість морозива та розміри часточок диспергованого повітря.

Ключові слова: низькокалорійне морозиво, суміш для низькокалорійного морозива, сироваткові концентрати, рослинні інгредієнти, реологічні показники, мікроструктура.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Морозиво є багатокомпонентною полідисперсною системою, яке складається з безперервного дисперсійного середовища – води та диспергованих у ній дрібних часточок: бульбашок повітря, жирових кульок, кристалів льоду та лактози, шматочків наповнювачів та ін. Жир в морозиві перебуває у вигляді жирових кульок як внутрішня фаза емульсії (за умови рідкого жиру) або суспензії (коли жир кристалізований). Сухий знежирений молочний залишок та стабілізатори перебувають у колоїдному розчині. Цукор, солі та органічні кислоти утворюють істинні розчини [1, 2]. Структура морозива суттєво залежить від фізико-хімічних та органолептичних показників сумішей.

Належна в'язкість сумішей забезпечує необхідну збитість та опір таненню, формує консистенцію готового продукту. В'язкість сумішей зумовлена їх складом (вмістом стабілізатора, білка, жиру, сухих речовин), гідратаційними властивостями білків та стабілізаторів, технологічним обробленням (температурні режими пастеризації, тиск гомогенізації, температура та тривалість визрівання, температурні режими фризерування). З підвищенням в'язкості сумішей опір таненню та кремоподібність структури збільшуються, швидкість збивання зменшується. Тому найголовніше – це правильно збалансувати за складом та відповідним чином обробити суміш для одержання належного за якістю продукту [3]. Збільшення в'язкості суміші сприяє опірності зростанню кристалів льоду. Підвищенню в'язкості сприяє пастеризація за умови дотримання режимів та визрівання суміші, під час якого відбувається набухання білків та стабілізаторів, зв'язування вільної вологи тощо [4].

Значний внесок у розроблення теоретичних та практичних аспектів виробництва морозива та заморожених десертів зробили Г.М. Азов, W.S. Arbuckle, H.D. Goff, R.W. Hartel, Г.М. Дезент, H.H. Sommer, R.T. Marshall, Ю.А. Оленєв, Г.Є. Поліщук.

Одним із головних чинників у формуванні показників якості морозива є кількість та стан білків молока й рецептурних інгредієнтів. Основна роль білків – емульгувальна, бо частина їх адсорбується на поверхні розділу фаз «жир-плазма» та стабілізує жирові кульки. Крім того, білки підвищують в'язкість сумішей морозива, що позитивно впливає на консистенцію готового продукту. Вміст білків у сумішах повинен бути у межах 3,0–6,5 % [5, 6].

Застосування рослинних інгредієнтів, у тому числі зернових (рисового і кунжутного борошна) та сироваткових концентратів (сухої сироватки демінералізованої і концентрату сироваткових білків), дасть змогу забезпечити вміст низькокалорійного морозива повноцінними білками, вуглеводами, біологічно активними речовинами, покращити його споживчі та функціонально-технологічні властивості [7, 8, 9].

Тому актуальним є проведення досліджень щодо вивчення формування структури низькокалорійного молочного морозива, яке має у своєму складі сироваткові білки та рослинні інгредієнти.

Метою роботи було дослідження впливу сироваткових концентратів та рослинних інгредієнтів на формування структури низькокалорійного молочного морозива в процесі його виробництва.

Завданнями досліджень було визначення реологічних показників і вивчення мікроструктури сумішей низькокалорійного морозива залежно від складу.

Матеріали і методи дослідження. Предметом досліджень були суміші для низькокалорійного морозива на основі молочної сировини (молоко незбиране та знежирене, вершки, сухе знежирене молоко, масло вершкове) з рослинними інгредієнтами (інулін, рисове та кунжутне борошно, яблучний порошок) та продуктами переробки молока (сухий концентрат сироваткових білків, отриманий методом ультрафільтрації, з масовою часткою білка 80 % та сироватка суха демінералізована з рівнем демінералізації

90 % з масовою часткою білка 27 %). Контролем слугувало низькокалорійне морозиво, отримане традиційним способом.

Реологічні показники сумішей для морозива визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» з використанням вимірювальних циліндрових пристроїв S/S_3 [10, 11]. Вимірювання проводили в режимі «а», який було встановлено експериментально з урахуванням структурно-механічних властивостей дослідних зразків. Вимірювальний циліндр (ротор) S_3 було обрано з таким розрахунком, щоб градієнтний шар розповсюджувався по всій товщині шару продукту, розташованому в кільцевому проміжку вимірювального пристрою віскозиметра. Для кожного досліду брали нову порцію продукту та по досягненні заданої температури термостатували її впродовж 20 хвилин.

Вимірювання напруги зсуву τ (Па) проводили за дванадцяти значень градієнту швидкості зсуву γ в діапазоні від 0,33 до 145,8 $с^{-1}$ за прямого та зворотного ходу. Для цього фіксували значення α за максимального кута відхилення стрілки на шкалі приладу.

Енергію активації (кДж/моль) [12] обчислювали за рівнянням Арреніуса-Френкеля-Эйринга (1):

$$\eta_{еф} = K\exp(E_a/RT), \quad (1)$$

де $\eta_{еф}$ – ефективна в'язкість, Па·с;

К – коефіцієнт консистенції, що пропорційний ефективній в'язкості за одиничного значення швидкості зсуву, $с^{-1}$;

Е – енергія активації, кДж/моль;

R – газова стала (R=8,32 кДж/(кмоль·К);

Т – абсолютна температура, К.

Мікроструктуру зразків морозива визначали за допомогою світлового мікроскопу Motic (Fischer Bioblock) з відеокамерою. Тонкий шар зразка морозива наносили на предметне скло та висушували. Спостереження проводили за збільшення у 400 разів [13, 14].

Експериментальні дані обробляли методом математичної статистики [15]. Під час статистичного оброблення коефіцієнт Стьюдента було прийнято $t_{p,n}$=3,18 оскільки n=3, P=0,95.

Результати дослідження та обговорення. Одним із факторів, що впливає на структурно-механічні характеристики сумішей для морозива в процесі їх виробництва, є компонентний склад, який обумовлює стабільність структури морозива. Тому нами було проведено дослідження щодо існування зв'язку між структурно-механічними властивостями сумішей для морозива та його рецептурним складом.

Як контроль використовували суміш для молочного морозива з таким умістом: жиру – 4,0 % та сухих речовин – 29,1 %, в тому числі, цукру – 15,5 %. До складу дослідних зразків сумішей для морозива додавали інулін, а також: 1 – яблучний порошок і ССД; 2 – кунжутне борошно і ССД; 3 – рисове борошно і КСБ.

Порівняння структурно-механічних властивостей зразків сумішей для морозива проводили за показниками *ефективної в'язкості* та *енергії активації*.

Оскільки основною реологічною характеристикою дисперсних систем є ефективна в'язкість, яка відображає встановлення рівноваги між процесами відновлення і руйнування структури в потоці, основну увагу було приділено встановленню залежності ефективної в'язкості від напруження зсуву та швидкості деформації. Одержані графічні залежності для усіх варіантів продуктів представлено на рисунку 1.

Як видно з рисунку 1, з підвищенням швидкості зсуву відбувається зниження показників в'язкості усіх зразків сумішей для морозива. Причому особливо інтенсивно в'язкість зменшується в діапазоні значень швидкості зсуву від 0,33 до 3,0 $с^{-1}$, що, очевидно, пов'язано з руйнуванням структурного каркасу системи [16]. За швидкості деформації понад 3,0 $с^{-1}$ структура сумішей практично зруйнована і показники в'язкості змінюються несуттєво.

Одержані графічні залежності (рис. 1) можна описати загальним ступеневим рівнянням (2) [11]:

$$\eta_{еф} = K\cdot\gamma^{-m}, \quad (2)$$

де $\eta_{еф}$ – ефективна в'язкість, Па·с;

К – коефіцієнт консистенції, який пропорційний ефективній в'язкості за одиничного значення швидкості зсуву, $с^{-1}$;

γ – швидкість зсуву, $с^{-1}$;

m – темп руйнування структури.

Математична обробка дала змогу визначити величину енергії активації (Е), яку необхідно докласти для переходу частинок дисперсних систем з одного положення рівноваги в інше. Величину коефіцієнтів консистенції (К) і темпи руйнування структури (m) сумішей для морозива контрольного та дослідних зразків наведено в таблиці 1.

Як свідчать дані, наведені в таблиці 1, наявність у складі сумішей для морозива білкових та рослинних компонентів сприяє підвищенню коефіцієнта консистенції та енергії активації. Так, у суміші з КСБ та рисовим борошном ці показники у 2,8 раза вищі за показники контролю, у зразках сумішей із ССД відрізняється від контролю незначно. Збільшення величин енергії активації дослідних зразків сумішей

для морозива свідчать про структурні перетворення в їх колоїдних системах, які відбуваються, ймовірно, внаслідок утворення додаткових водневих зв'язків [16, 17]. Показники темпу руйнування структури усіх зразків сумішей практично не різняться.

Отже, використання у складі сумішей для морозива КСБ, ССД і рослинних інгредієнтів сприяє підвищенню в'язкості, що може бути пов'язано з гелетвірною здатністю інуліну, сироваткових білків, які мають гідрофільні властивості, високу вологозв'язувальну здатність крохмалю рисового та кунжутного борошна.

Дисперсність структурних елементів морозива визначається, головним чином, їх формою і розмірами: чим вони дрібніші й більш рівномірно розподілені в загальній масі морозива, тим вищою є його якість [18]. Форма і розмір кристалів льоду і повітряних бульбашок суттєво залежать від швидкості заморожування і ступеня механічного впливу на продукт.

Для об'єктивного оцінювання впливу складу сумішей та їх оброблення на консистенцію морозива було досліджено мікроструктуру сумішей для морозива (рис. 2).

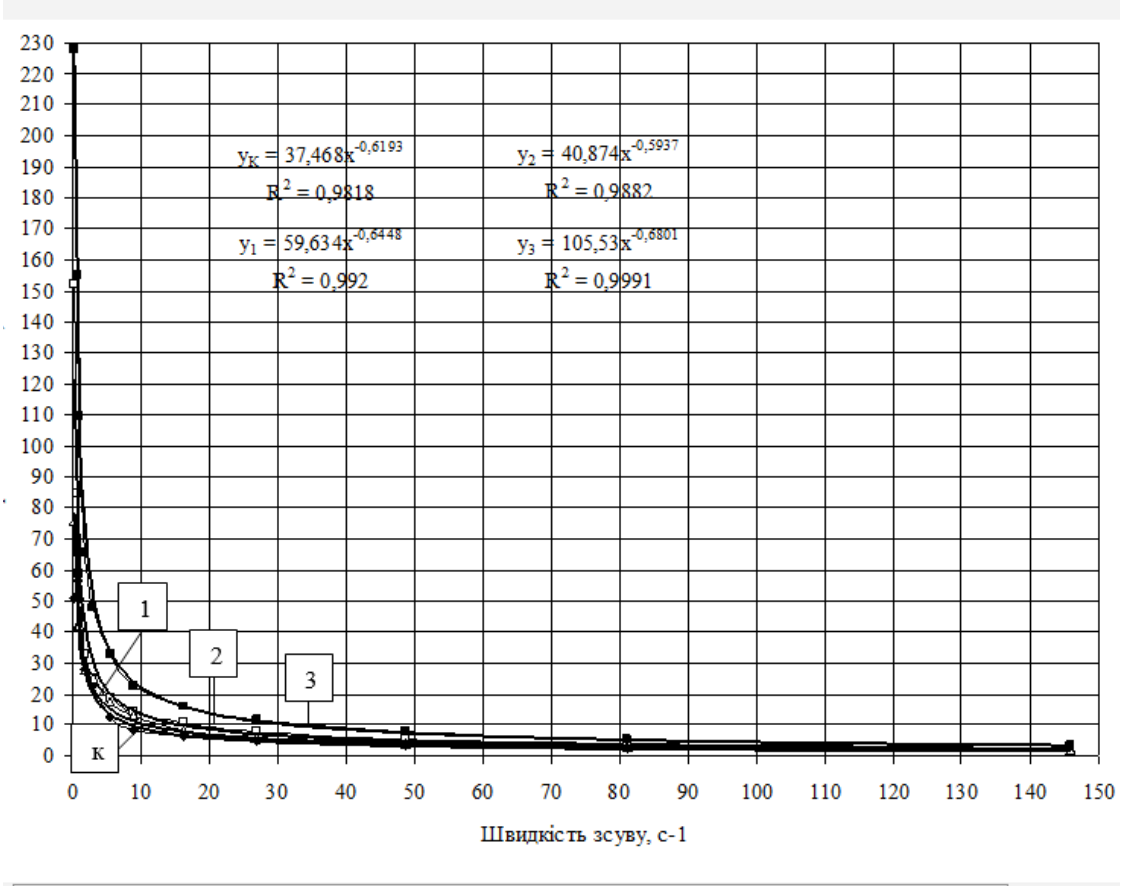
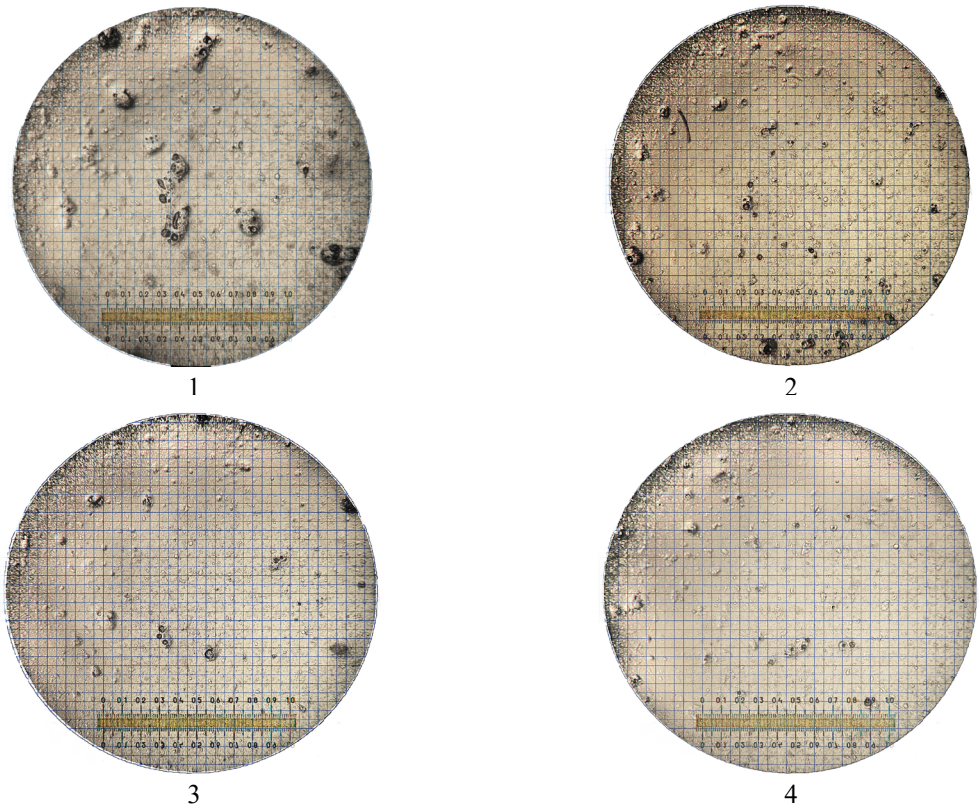


Рис. 1. **Реограми сумішей для морозива:** К – контроль; 1 – суміш з яблучним порошком і ССД; 2 – суміш з кунжутним борошном і ССД; 3 – суміш з рисовим борошном і КСБ.

Таблиця 1 – **Реологічні показники сумішей для морозива** (n=3, P=0,95)

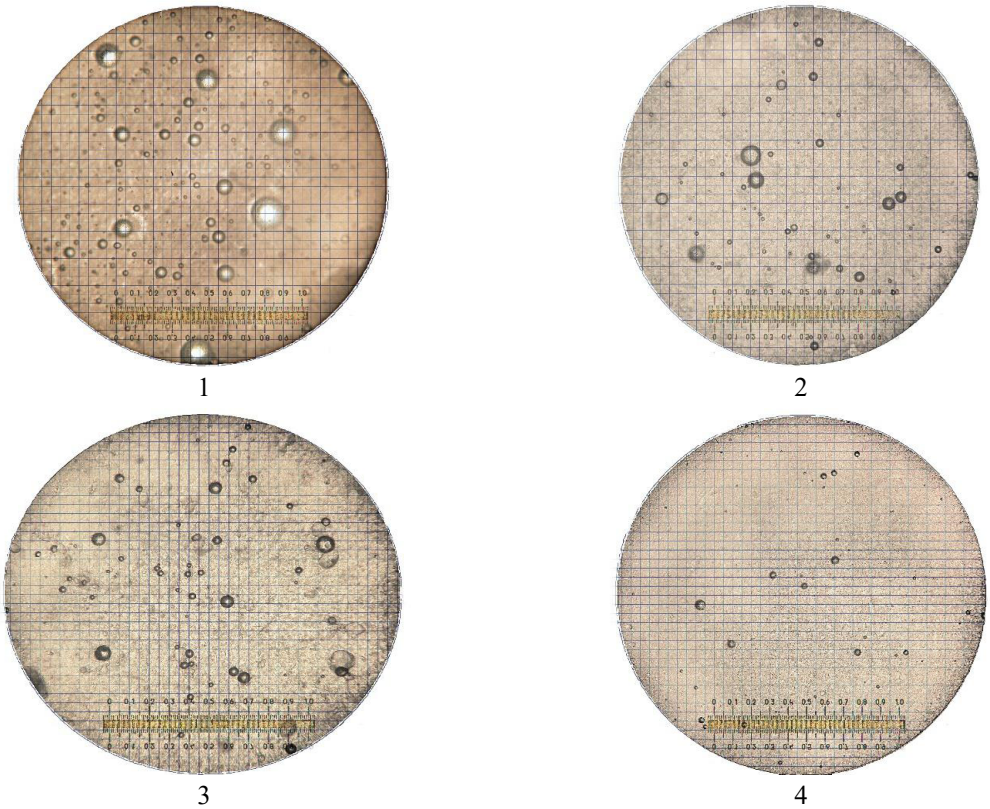
Вид суміші для морозива	Темп руйнування (m)	Коефіцієнт консистенції (К), Па·с	Енергія активації (Е), кДж/моль
Контроль	0,62	37,47	8,1
Суміш з яблучним порошком і ССД	0,65	59,63	12,5
Суміш з кунжутним борошном і ССД	0,59	40,88	10,4
Суміш з рисовим борошном і КСБ	0,68	105,53	15,2

а



1 2 3 4

б



1 2 3 4

Рис. 2. **Мікроструктура сумішей для морозива до (а) і після (б) оброблення:**
1 – контроль; 2 – з яблучним порошком і ССД; 3 – з кунжутним борошном і ССД;
4 – з рисовим борошном і КСБ.

Дослідження мікроструктури сумішей для морозива контрольного та дослідних зразків (рис. 2) дають змогу зробити висновок, що більш важливу роль у формуванні структури відіграє склад сумішей, ніж їх оброблення. Так, у контрольному зразку до оброблення розміри часточок становлять у середньому 100 мкм (рис. 2 – 1 а), в дослідних – у два рази менше (рис. 2 – 2 а, 3 а, 4 а).

Як видно з рисунку 2 (2б), після оброблення дослідні зразки більш насичені повітрям, а, отже, їх збитість вища у порівнянні з контролем (рис. 2 – 1 б). Повітряні бульбашки в дослідних зразках гомогенні і рівномірно розподілені на всій поверхні морозива (рис. 2). Вміст дрібнодисперсних бульбашок повітря у дослідних зразках морозива (рис. 2 – 2 б, 3 б, 4 б) розмірами від 1 до 30 мкм знаходиться в межах 29–43 %, на відміну від контролю, в якому їх вміст становить всього 18 %. Причому у всіх зразках морозива оболонки повітряних осередків не порушені через зміну концентрації низькомолекулярних речовин в молочній фазі та участі в процесі формування структури фракціонованого молочного жиру.

Слабка стерична стабілізація жирових кульок контрольного зразку морозива через низький уміст сухих речовин у молочній фазі дає змогу рідкій фазі проникнути в простір між ними, утворюючи кластери льоду (рис. 2 – 1 б). У цьому випадку в процесі загартовування з них формуються гранули розміром не більше 10 мкм, але наслідком цього може бути погіршення органолептичних властивостей готового продукту і зниження його стійкості під час зберігання [18, 19].

За результатами дослідження мікроструктури зразків морозива з додаванням рослинних інгредієнтів і сироваткових концентратів можна стверджувати, що існує тенденція до підвищення дисперсності повітряної фази дослідних зразків та зниження цього показника для контрольного зразку. Дані результати підтверджують суттєвий вплив в'язкості сумішей (табл. 1) на збитість морозива та розміри частинок диспергованого повітря.

Висновки. Дослідження структурно-механічних показників та мікроструктури низькокалорійного морозива підтверджують обґрунтованість вибору рослинних інгредієнтів та продуктів переробки молока. Так, у суміші з КСБ та рисовим борошном показники коефіцієнта консистенції та енергії активації у 2,8 раза вищі за показники контролю. Доведено, що структура низькокалорійного морозива з сироватковими концентратами та рослинними інгредієнтами є розвиненою просторовою конфігурацією, характерною для зв'язнодисперсних систем, що перешкоджає вільному взаємному переміщенню його ланок, обумовлюючи стабільність структури. При цьому повітряні бульбашки в дослідних зразках морозива гомогенні і рівномірно розподілені на всій поверхні морозива, вміст дрібнодисперсних бульбашок повітря в них, розмірами від 1 до 30 мкм, знаходиться в межах 29–43 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Clarke C. The Science of Ice Cream. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK. 2004. P. 13–59.

2. Маршал Р., Гофф Г., Гартел Р. Мороженое и замороженные десерты/ пер. с англ. В. И. Василевского. Спб.: Профессия, 2005. 376 с.

3. Pon S. Y., Lee W. J., Chong G. Textural and rheological properties of stevia ice cream. International Food Research Journal, 2015. 22(4). P. 1544–1549. URL:http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(04)%202015/(33).pdf.

4. The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers/ O.B. Karaca et al. Journal Dairy Technology, 2009. 62. P. 93–99. DOI:10.1111/j.1471-0307.2008.00456.x.

5. Sofjan R. P. The Effects of Whey Protein Concentrates and Different Overrun Levels in Ice Cream. M.S. Thesis. University of Wisconsin, Madison, 2002.

6. Protein composition and technological properties of milk whey concentrates/ A.V. Minorova et al. Agricultural science and practice. 4 (2). 2017. P. 52–58.

7. Міморова А. В., Крушельницька Н. Л. Перспектива використання сухих концентратів сироваткових білків, отриманих методом ультрафільтрації в технологіях дитячого харчування. Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології: зб. праць за підсумками Другої спеціалізованої наук.-практ. конф., 9 верес. 2014 р., Київ. 2014. С. 69–72.

8. Рудакова Т. В. Технологія виробів сиркових для дитячого харчування з використанням продуктів переробки зерна. Зернові продукти і комбікорми. 2015. 2(58). С. 9–14.

9. Романчук І. О., Рудакова Т. В., Моісеєва Л. О., Гондар О. П. Рисове борошно, як стабілізатор у складі кисломолочних продуктів. Продовольчі ресурси: зб. наук. пр. /НААН України; Ін-т прод. ресурсів НААН України. К.: Ін-т прод.ресурсів НААН України, 2016. 7. С. 46–52.

10. Bingham E. Fluidity and Plasticity. McCraw–Hill, 1922. 440 p. URL: https://archive.org/stream/fluidityplastici00binguoft#page/n13/mode/2up.

11. Casson N. A Flow Equation for Pigment-Oil Suspensions of the Printing Ink Type. In: Mill C.C., Ed., Rheology of Disperse Systems, Pergamon Press, Oxford, 1959. P. 84–104.

12. Structural development in ice creamdynamic rheological measurements/ H. D. Goff et al. J. Texture Stud. 1995. 26. P. 517–536.

13. Soukoulis C., Rontogianni E., Tzia C. Contribution of thermal, rheological and physical

measurements to the determination of sensorially perceived quality of ice cream containing bulk sweeteners. Journal Food Eng., 2010. 100. P. 634–641. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2010.05.012.

14. Тимошенко В. С., Тройнін Ю. О., Іванов В. Л. Методи аналізу молока і молочних продуктів у Європейському союзі. Львів. Леонорм, 2002. 248 с.

15. Лисицын В. М., Антоненко Е. С., Величко Д. И. Решение инженерных и экономических задач на ЭВМ. Киев: Вища школа, 1984. 248 с.

16. Freire D. O., Wu B., Hartel R. W. Effects of structural attributes on the rheological properties of ice cream and melted ice cream. Journal of Food Science, 2020. 85(11). P. 3885–3898. DOI:10.1111/1750-3841.15486.

17. Dogan M., Kayacier A. The effect of ageing at a low temperature on the rheological properties of Kahramanmaras-type ice cream mix. International Journal of Food Properties, 2007. 10(1). P. 19–24. DOI:10.1080/10942910600610729.

18. Bradley R. L. Plotting freezing curves for frozen desserts. Dairy Rec. 1984. 7. 86–87. 122 p.

19. Sofjan R., Hartel R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. Int. Dairy Journal., 2004. 14. P. 255–262. DOI:10.1016/j.idairyj.2003.08.005.

REFERENCES

1. Clarke, C. (2004). The Science of Ice Cream. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK. pp. 13–59.

2. Marshal, R., Goff, G., Gartel, R. (2005). Morozhenoe I zamorozhennyie desertyi/ per. s angl. V. I. Vasilevskogo [Ice cream and frozen desserts/Per. from English. V. I. Vasilevsky]. Spb.: Professiya, 376 p.

3. Pon, S. Y., Lee, W. J., Chong, G. (2015). Textural and rheological properties of stevia ice cream. International Food Research Journal, 22(4), pp. 1544–1549. Available at:http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(04)%202015/(33).pdf.

4. Karaca, O. B., Güven, M., Yasar, K., Kaya, S., Kahayoglu, T. (2009). The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. Journal Dairy Technology, 62, pp. 93–99. DOI:10.1111/j.1471-0307.2008. 00456.x.

5. Sofjan, R. P. (2020). The Effects of Whey Protein Concentrates and Different Overrun Levels in Ice Cream. M.S. Thesis. University of Wisconsin, Madison.

6. Minorova, A. V., Romanchuk, I. O., Zhukova, Ya. F., Krushelnytska, N. L. Vezhlivtseva, S. (2017). Protein composition and technological properties of milk whey concentrates. Agricultural science and practice. 4 (2), pp. 52–58.

7. Minorova A. V., Krushel′nyts′ka N. L. (2014). Perspektyva vykorystannja suhyh koncentrativ syrovatkovyh bilkiv, otrymanyh metodom ul'trafil'tracii' v tehnologijah dytjachogo harchuvannja [The prospect of using dry whey protein concentrates obtained by the ultrafiltration method in baby nutrition technologies]. Dytjache harchuvannja: perspektyvy rozvytku ta innovacijni tehnologii': zb. prac' za pidsumkamy Drugoi' specializovanoi' nauk.-prakt. konf., 9 veres. 2014 r., Kyi'v [Children's nutrition: prospects for development and innovative technologies: coll. theses based on the results of the Second Specialized Science-Pract. conf., September 9 2014, Kyiv]. pp. 69–72.

8. Rudakova, T. V. (2015). Tekhnolohiya vyrobiv syrkovykh dlya dytyachoho kharchuvannya z vykorystannyam produktiv pererobky zerna [Technology of curd products for baby foodusing grain processing products]. Zernovi produkty I kombikormy [Cereal products andcompound feeds]. 2(58), pp. 9–14.

9. Romanchuk, I. O., Rudakova, T. V., Moiseyeva, L. O., Hondar, O. P. (2016). Rysove boroshno, yak stabilizator u skladi kyslomolochnykh produktiv [Rice flour as a stabilizer in thecomposition of dairy products]. Prodovol′chi resursy: zb. nauk. pr. / NAAN Ukrayiny; In-tprod. resursiv NAAN Ukrayiny. [Food Resources: Coll. Sciences. Ave. / NAAS of Ukraine;Inst. resources of NAAS of Ukraine]. K.: Institute of Production Resources of the National Academy of Sciences of Ukraine, 7, pp. 46–52.

10. Bingham, E. (1922). Fluidity and Plasticity. McCraw-Hill, 440 p. Available at:https://archive.org/stream/fluidityplastici00binguoft#page/n13/mode/2 up.

11. Casson, N. (1959). A Flow Equation for Pigment-Oil Suspensions of the Printing Ink Type. In: Mill C.C., Ed., Rheology of Disperse Systems, Pergamon Press, Oxford, pp. 84–104.

12. Goff, H. D., Freslon, B., Sahagian, M. E., Hauber, T. D., Stone, A. P., Stanley, D. W. (1995). Structural development in ice creamdynamic rheological measurements. J. Texture Stud., 26, pp. 517–536.

13. Soukoulis C., Rontogianni E., Tzia C. (2010). Contributionofthermal, rheologicalandphysicalmeasurementstothedetermination of sensorially perceived quality of ice cream containing bulk sweeteners. Journal Food Eng,100, pp. 634–641. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2010.05.012.

14. Tymoshenko, V. S., Troynin, Yu. O., Ivanov, V. L. (2002). Metody analizu moloka i molochnyh produktiv u Jevropejs'komu sojuzi [Methods of analysis of milk and dairy products in the European Union]. Lviv. Leonorme, 248 p.

15. Lisicin, V. M., Antonenko, E. S., Velichko, D. I. (1984). Reshenє inzhenernyh i jekonomicheskih zadach na JeVM [Solving engineering and economic problems on a computer]. Kyiv: Higher School, 248 p.

16. Freire, D. O., Wu, B., Hartel, R. W. (2020). Effects of structural attributes on the rheological properties of ice cream and melted ice cream. Journal of Food Science, 85(11), pp. 3885–3898. DOI:10.1111/1750-3841.15486.

17. Dogan, M., Kayacier, A. (2007). The effect of ageing at a low temperature on the rheological properties of Kahramanmaras-type ice cream mix. International Journal of Food Properties, 10(1), pp.19–24. DOI:10.1080/109429 10600610729.

18. Bradley, R. L. (1984). Plotting freezing curves for frozen desserts. Dairy Rec. 7, 86–87, 122 p.

19. Sofjan, R., Hartel, R. W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. Int. Dairy Journal, 14, pp. 255–262. DOI:10.1016/j.idairyj.2003.08.005.

Formation of the structure of low-calorieice cream with vegetableing redients

Narizhnyy S., Bilyi V., Rudakova T., Minorova A., Vezhlivtseva S.

The quality of ice cream depends on many factors: raw materials, recipe, production and storage conditions, etc. The choice of ingredients during the manufacture of ice cream is an important factor that not only affects the nutritional value and functional orientation, but also the formation of the structure of the final product.

Low-calorie ice cream, in terms of its composition and characteristics, best meets the requirements for healthy food products. However, in low-calorie ice cream, the mass fraction of moisture is too high (about 70 %), as a result of which noticeable ice crystals form in it during freezing. Therefore, in order to improve the organoleptic and rheological indicators of low-calorie ice cream, it is necessary to increase the mass fraction of dry substances by using milk processing products, namely, skimmed milk powder (SMP) and whey concentrates (whey protein concentrate (WPC), dry demineralized whey (DWW), vegetable (apple powder) ingredients, including grain (rice and sesame flour), dietary fibers (inulin, etc.).

The purpose of the work was to study the influence of whey concentrates and plant ingredients on the formation of the structure of low-calorie milk ice cream during its production.

The article presents the results of research on the dispersion of structural elements of low-calorie ice cream mixtures and structural-mechanical properties based on indicators of effective viscosity and activation energy. It was established that with an increase in the shear rate, there is a decrease in the effective viscosity indicators in all samples of milk mixtures for ice cream. The presence of whey and vegetable components in ice cream mixes helps to increase the consistency coefficient and activation energy. Moreover, in the milk mixture with WPC and rice flour, these indicators are 2.8 times higher than the indicators of the control, which is represented by a traditional type of milk ice cream. As a result of the study of the microstructure of the low-calorie mixture samples, it was established that after processing, the low-calorie ice cream test samples are more saturated with air, and, therefore, their whippedness is higher compared to the control. It is shown that the air bubbles in the experimental samples are homogeneous and evenly distributed over the entire surface of the ice cream. At the same time, the content of finely dispersed air bubbles in experimental ice cream samples with sizes from 1 to 30 microns is in the range of 29-43 %, in contrast to the control, in which it is 18 %.

It has been experimentally proven that the addition of whey concentrates and vegetable ingredients to the ice cream mixture followed by processing contributes to the formation of a homogeneous structural frame with an even distribution of components in the finished product. The obtained research results confirm the significant influence of the viscosity of the mixtures on the whipping of ice cream and the size of dispersed air particles.

Key words: low-calorie ice cream, mixture for low-calorie ice cream, whey concentrates, vegetableingredients, rheological indicators, microstructure.

Copyright: Наріжний С.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:
Наріжний С.А. https://orcid.org/0000-0001-5478-3221
Білий В.Ю. https://orcid.org/0000-0001-7074-7546
Рудакова Т.В. https://orcid.org/0000-0002-7017-735X
Мінорова А.В. https://orcid.org/0000-0002-7557-1444
Вежлівцева С.П. https://orcid.org/0000-0003-4000-7314

ЕКОЛОГІЯ

УДК 631.95-049.5:636.2.085/.087:546.95

Забезпечення екологічної безпеки агроекосистем в умовах підвищеного вмісту важких металів у кормах та гнойовій масі корів

Портянник С.В.

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

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

OPEN ACCESS

Портянник С.В. Забезпечення екологічної безпеки агроекосистем в умовах підвищеного вмісту важких металів у кормах та гнойовій масі корів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 132–144.

Portiannik S. Ensuring the ecological safety of agroecosystems in conditions of increased content of heavy metals in fodder and manure of cows. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 132–144.

Рукопис отримано: 24.01.2023 р.
Прийнято: 04.02.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-132-144

Забруднення довкілля органічними відходами тваринництва, особливо гноєм великої рогатої худоби, актуальне для різних країн світу, зокрема Сполучених Штатів Америки та країн Європейського союзу. Набагато більшу загрозу для агроекосистем і, зокрема, ґрунту становить гній, котрий містить токсичні важкі метали, такі як кадмій, свинець, мідь та цинк. У лісостеповій зоні України було проведено науково-господарський дослід на дійних коровах з виробництва екологічно безпечного молока. Під час експерименту в дослідних групах згодовували спеціальний мінерально-вітамінний премікс та ін'єктували біопрепарат, що посилювало елімінацію важких металів з екскрементами. Досліди проведено в чотирьох господарствах з різним поголів'ям тварин. В кінці досліду з гноєсховищ у кожному господарстві було відібрано по 10 зразків гнойової маси (всього 40) і методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (спектрофотометр AAS-30) проведено хімічний аналіз концентрації важких металів Cd, Pb, Cu та Zn. Встановлено, що з причини вмісту в раціонах тварин кормів з перевищенням граничнодопустимих концентрацій важких металів, проходячи шлунково-кишковий тракт, ці метали потрапляють разом з екскрементами у гній. Концентрація кадмію в середньому становила 0,07–0,11 мг/кг, свинцю – 5,48–8,25 мг/кг, міді – 37,71–47,42 мг/кг, цинку – 66,55–81,49 мг/кг. Підстилковий гній в подальшому вноситься на сільськогосподарські угіддя як органічне добриво. Для запобігання забрудненняю ґрунту важкими металами необхідно в кожному конкретному випадку встановлювати доцільність внесення органічних добрив під овочеві та кормові культури, особливо ті, що йдуть на корм дійним коровам. У зв'язку зі складністю в умовах сьогодення придбання аграріями достатньої кількості мінеральних добрив слід збільшити використання органічних добрив, якщо їх кількість достатня в господарстві, але внесення у ґрунт має бути контрольованим і нормованим з урахуванням концентрації токсикантів у гнойовій масі та ґрунті сільськогосподарських угідь з одночасним поліпшенням подрібнення та рівномірності розподілу по полю. Використання сучасної техніки з подрібнення та розкидання гною, а також науково-обґрунтованих способів його компостування, вирощування вермикультури, личинок синантропної мухи чи виробництво біогазу сприятиме внесенню в ґрунт гною як екологічно безпечного органічного добрива, позитивно вплине на його механічні та фізико-хімічні властивості, забезпечить економічно ефективну врожайність культур, екологічну безпеку агроекосистем, корів – екологічно безпечними кормами.

Ключові слова: гній, важкі метали, органічні відходи, екологічна безпека, агроекосистема, дійні корови.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Внесення органічних добрив у ґрунт має зазвичай позитивний вплив на них. Їх використання важливе під час ведення альтернативного органо-біологічного землеробства. Коли традиційні мінеральні добрива мають невисоку ціну і доступні аграріям, вони, на жаль, рідко приділяють значну увагу органічним добривам. Руйнування внаслідок бойових дій підприємств хімічної промисловості, котрі виробляли мінеральні добрива, та припинення торговельних відносин з агресором спонукатимуть виробників сільськогосподарської продукції дедалі більше звертати увагу на компенсацію втрат поживних речовин ґрунту посиленим внесенням органічних добрив, особливо в тих регіонах України, де вдалося зберегти поголів'я сільськогосподарських тварин, зокрема, великої рогатої худоби. Завданням найближчої перспективи буде збереження існуючого поголів'я тварин, їх продуктивності та врожайності сільськогосподарських культур.

Гній як органічне добриво – дуже цінне природне джерело необхідних для рослин макроелементів азоту, фосфору, калію, а також великої кількості мікроелементів, зокрема магнію, сірки, хлору, кремнію тощо. Гній може містити і небезпечні для агроекосистем важкі метали, котрі теж належать до мінеральних елементів, але є полютантами ксенобіотичного походження. Наприклад, мікроелементи свинець, кадмій, миш'як, ртуть та ін., потрапляючи в організм сільськогосподарських тварин, в т. ч. великої рогатої худоби, дійних корів, виводяться з екскрементами (калом та сечею). Внесення органічних добрив, котрі містять токсичні метали, у ґрунт може призвести до небажаних екологічних наслідків в екосистемах, де вирощуються рослини, котрі йдуть на корм, особливо дійним коровам, і навіть призвести до шкідливого впливу на здоров'я людини за безпосереднього споживання. Ведення органо-біологічного землеробства вимагатиме урахування нових технологічних підходів.

Правильне екологічно безпечне застосування органічних добрив поліпшує фізико-хімічні властивості ґрунту. Зменшується його підкислення, міграція важких металів з ґрунту в рослини на цьому тлі також зменшується. Органічні добрива є важливим джерелом гумусу в ґрунті, що, відповідно, підвищує його сорбційну здатність.

Екологічна проблема вмісту важких металів у кормах для тварин і відходах тваринництва та її вирішення є актуальною в різних країнах світу, не лише в Україні. Вмісту токсичних металів у масі гною приділяють увагу навіть тоді, коли він не вноситься традиційно у ґрунт як органічне добриво, а зазнає анаеробного зброджування та компостування. При цьому токсичні метали можуть міститися і в біогазі, і в компості [1]. Інші вчені з Великої Британії [2], розглядають ґрунт як довготривалий поглинач і утримувач важких металів, де полютанти можуть перебувати сотні, а то і тисячі років. Залежно від потенційно тривалого часу негативного впливу на родючість, з урахуванням законодавства Європейського Союзу щодо концентрації кадмію та свинцю в продовольчій сировині, значну увагу приділяють кількісному визначенню надходження токсичних металів у сільськогосподарські ґрунти з можливістю оцінити, які ґрунти є найбільш вразливими до забруднення полютантами. Тільки тоді можна буде прогнозувати і управляти потенційними ризиками для зменшення негативного впливу на агроекосистеми. Вчені відібрали 183 проби кормів для тварин та 85 проб гною з різних комерційних ферм в Англії та Уельсі і дослідили у них концентрацію цинку, міді, нікелю, свинцю, кадмію, миш'яку, хрому та ртуті [2]. Вченими з Китаю [5] було досліджено 360 зразків кормів і гною, котрі були зібрані на 150 тваринницьких фермах у провінції Цзянсу, зоні інтенсивного ведення тваринництва, проаналізовано на вміст важких металів та різних мінеральних елементів.

Привертає увагу вчених і перетворення важких металів у процесі переробки гною за допомогою вермикультури [3]. Важкі метали не розкладаються, на відміну від інших органічних сполук, за допомогою дощових черв'яків та аеробних мікроорганізмів. Біогумус і дощові черв'яки можуть акумулювати токсичні метали. Виходячи з цього, вчені [3] рекомендують досліджувати зміни і перетворення важких металів під час вермикомпостування гною, цього досить екологічно безпечного нетрадиційного способу переробки та знешкодження відходів тваринництва. Вчені з Китаю [4] доводять, що процес вермикомпостування може підвищити якість поживних речовин біогумусу і зменшити ризик забруднення ґрунту важкими металами, котрі акумулюються у сільськогосподарських органічних відходах. Тож екологічна доцільність вермикомпостування в утилізації відходів з вмістом важких металів не викликає сумнівів.

Метою досліджень є оцінка екологічної безпеки використання гнойової маси корів у зоні діяльності агропідприємств з виробництва молока та забезпечення екологічної безпеки при її застосуванні як органічного добрива для ґрунтів.

Матеріал і методи досліджень. Науково-господарські досліди з виробництва екологічно безпечного молока та моніторинг стану агроекосистем проводили в господарствах Полтавської області, котра і після повномасштабної війни, за даними Держстату у 2022 році, входить у трійку лідерів за кількістю поголів'я великої рогатої худоби, посідаючи третє місце після Хмельницької та Вінницької областей (102, 3 тис. голів). При проведенні наукового експерименту з дійними коровами чорно- та червонорябої молочних порід, під час відбору середніх проб дотримувалися загальноприйнятих у зоотехнічній практиці методів. Метод екологічного моніторингу екосистем застосовується постійно, починаючи з 2000 року до нині, у відповідності до етапів виконання НДДКР, Державний реєстраційний номер: 0121U113933 від 18.11.2021 року. Біохімічний аналіз зразків рослинного походження (кормів), молока, екскрементів на вміст макро-, мікроелементів, токсичних металів та ін. проведено методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (спектрофотометр AAS-30) [6].

Для проведення експериментів відібрали 36 голів корів з силосно-коренеплодним типом годівлі (господарство № 1), 195 – з силосно-сінним (господарство № 2), 63 – з силосно-сінажним (господарство № 3) та 126 – з силосно-сінажно-концентратним типом годівлі (господарство № 4), відповідно. Піддослідне поголів'я розділили на три групи: першу – контрольну та другу і третю – дослідні групи. Тваринам усіх груп згодовували корми з умістом важких металів кадмію, свинцю, міді, цинку вище встановлених гранично допустимих концентрацій. Корови другої і третьої дослідних груп отримували додатково спеціальні антидотні речовини для посилення елімінації з екскрементами токсичних металів. Середня жива маса корів – 500–545 кг. Корови, відібрані за методом аналогів за живою масою, продуктивністю, перебували в однакових умовах годівлі та утримання. Відбір зразків підстилкового гною здійснювався з прифермерського гноєсховища в кінці досліду. Дослідний період тривав 120 днів. Сільськогосподарські угіддя піддослідних господарств розташовані навколо промислового міста та поблизу екологічно шкідливих антропогенних об'єктів впливу на агроекосистеми – автошлях з підвищеною інтенсивністю руху автотранспорту Київ – Харків – Довжанський, родовищ видобутку природного газу та газо-конденсатних підприємств, магістральних нафто- і газопроводів, підприємств з виробництва асфальтобетону тощо.

Статистичну обробку даних проводили за використання пакету програм STATISTICA версії 10.0 для операційної системи Windows 7.

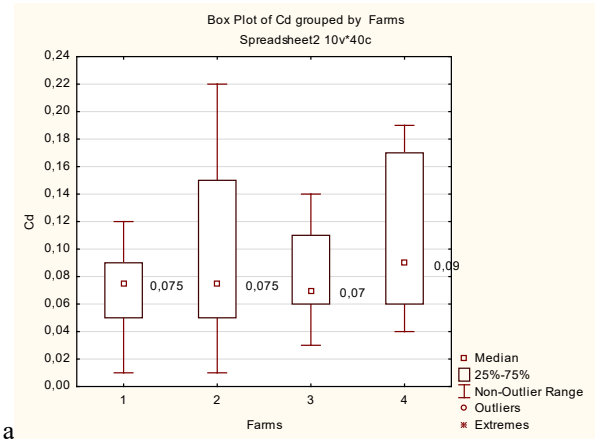
Результати дослідження. Гній великої рогатої худоби дійних корів формується з екскрементів, підстилкового матеріалу, залишків нез'їдених кормів тощо. Визначення концентрації важких металів у гнойовій масі зі гноєсховища має важливе значення для забезпечення екологічної безпеки агроекосистем, коли гній вноситься в ґрунт на сільськогосподарських угіддях як органічне добриво. Після комплексного застосування в експерименті антидотних речовин для посилення виведення з організму продуктивних тварин токсичних металів полютанти у великій кількості потрапляють з екскрементами у гній, далі – в ґрунт, продовжуючи мігрувати у трофічному ланцюзі та різних компонентах біосфери. Концентрацію досліджуваних токсичних важких металів представлено в таблиці 1, основні показники описувальної статистики за Cd та Pb, в тому числі, медіану – на рисунку 1.

Вихід екскрементів за добу у корів становить приблизно 50–60 кг. Річний вихід гною від кожної корови становить 15–20 м^3 або в середньому (за стійловий період) становить приблизно 7 тон. З огляду на це, у сільськогосподарські угіддя першого дослідного господарства потрапило як органічне добриво (36 голів × 7 т) 252 т гною, другого (195 голів × 7 т) – 1365 т, третього (63 голів × 7 т) – 441 т та четвертого (126 голів × 7 т) – 882 т гною. Концентрація важких металів у такій кількості органічного добрива становить у першому господарстві за кадмієм – 0,018 кг, свинцем – 1,69 кг, міддю – 10,63 кг та цинком – 18,89 кг; другому, відповідно, – 0,123 кг, 9,99 кг, 54,5 кг та 104,63 кг; третьому – 0,035 кг, 3,64 кг, 20,91 кг та 29,35 кг; четвертому, відповідно, – 0,097 кг, 4,83 кг, 33,26 кг та 71,87 кг. Таке надходження важких металів у ґрунт агроекосистем разом з техногенним забрудненням потребує контрольованого, нормованого і раціонального використання гною як органічного добрива для забезпечення екологічної безпеки сільськогосподарських угідь, де вирощуються рослини, які йдуть на корм дійним коровам й іншим сільськогосподарським тваринам, чи реалізуються на ринку як рослинна продукція.

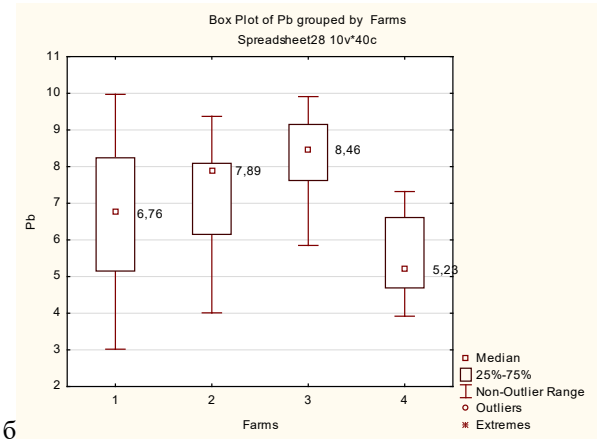
Концентрація кадмію в кормах першого господарства, що увійшли до раціону годівлі дійних корів, перевищував встановлені допустимі норми в середньому в 2,1–3,2 раза, свинцю – 2,4–5,7 раза, міді – 1,4–2,3 та цинку – 1,2–2,4 раза, відповідно. Найбільше перевищення норми Cd та Pb було виявлено в сіні злаково-бобовому (3,2 та 5,7 раза), Cu – в дерті кукурудзяній (2,3 раза), Zn – у соломі пшеничній (2,4 раза).

Таблиця 1 – **Концентрація важких металів у гною дійних корів дослідних господарств,** мг/кг (M ± SD).

Важкий метал	ГДК валових форм у грунті	Гній з гноєсховищ дослідних господарств, n=10			
		№1	№2	№3	№4
Кадмій	3	0,07 ± 0,035	0,09 ± 0,062	0,08 ± 0,037	0,11 ± 0,057
Свинець	32	6,73 ± 2,296	7,32 ± 1,693	8,25 ± 1,243	5,48 ± 1,184
Мідь	55	42,18 ± 5,364	39,93 ± 6,717	47,42 ± 4,779	37,71 ± 4,910
Цинк	100	74,95 ± 5,702	76,65 ± 5,344	66,55 ± 4,281	81,49 ± 3,344



а



б

Farms=1
Descriptive Statistics (Spreadsheet2)

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Cd	10	0,070000	0,075000	0,010000	0,120000	0,034641

Farms=2
Descriptive Statistics (Spreadsheet2)

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Cd	10	0,094000	0,075000	0,010000	0,220000	0,070427

Farms=3
Descriptive Statistics (Spreadsheet2)

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Cd	10	0,082000	0,070000	0,030000	0,140000	0,037357

Farms=4
Descriptive Statistics (Spreadsheet2)

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Cd	10	0,112000	0,090000	0,040000	0,190000	0,057310

Farms=1
Descriptive Statistics (Spreadsheet28)

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Pb	10	6,734000	6,765000	3,020000	9,970000	2,295528

Farms=2
Descriptive Statistics (Spreadsheet28)

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Pb	10	7,317000	7,890000	4,010000	9,370000	1,692966

Farms=3
Descriptive Statistics (Spreadsheet28)

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Pb	10	8,252000	8,455000	5,850000	9,910000	1,243381

Farms=4
Descriptive Statistics (Spreadsheet28)

Variable	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Pb	10	5,479000	5,230000	3,920000	7,320000	1,184112

Рис. 1. **Квартільна діаграма медіани вмісту Cd (а) та Pb (б) у гною дійних корів (мг/кг) у 4-х дослідних господарствах та основні показники описувальної статистики.**

Концентрація важких металів у кормах інших дослідних господарств коливалася, що було обумовлено різним умістом рухомих форм токсикантів у ґрунті та місцем розташування сільськогосподарських угідь, де вирощувалися рослини, залежно від відстані до промислового центру, автомагістралей, місць видобудку природного газу, газо-конденсатних підприємств тощо. У кормах другого господарства вміст Cd, Pb, Cu, Zn з перевищенням допустимої норми було виявлено в кормових буряках, відповідно, у 2,5; 3,4; 3,8; та 4,1 раза. Рослини більшою мірою акумулюють важкі метали в кореневій системі, тобто в тій частині, котра знаходиться в ґрунті, а у вегетативну систему полютантів потрапляє дещо менше, тому з усіх кормів саме кормові буряки мали найвищий рівень забруднення за всіма досліджуваними елементами, в порівнянні з іншими кормами.

У кормах, вирощених на сільськогосподарських угіддях третього господарства, крім перевищення норми вмісту Cd, Pb, Cu, Zn, у порівнянні з іншими господарствами, було зафіксовано високий уміст цинку в кормах і, зокрема, в зерні вівса та гороху в середньому – у 6,3–6,8 раза. Найбільшим умістом кадмію та свинцю серед решти кормів вирізнялася дерть горохова, а міді – сіно злаково-бобове (3,9 раза).

Серед усіх чотирьох господарств корми четвертого мали найбільше забруднення по свинцю – у 7,3 раза, цинку – у 7,8 раза та міді – у 4,1 раза. За забрудненням кормів кадмієм господарство посідає останнє місце разом з другим господарством. Найбільшим умістом кадмію, свинцю та міді серед кормів раціону вирізнялося сіно злаково-бобове, а цинку найбільше накопичило зерно кукурудзи.

За рівнем забруднення кормів господарства можна розташувати таким чином: (в порядку зменшення) забруднення кадмієм №1 → №3 → №2 → №4; забруднення свинцем №4 → №1 → №3 → №2; забруднення міддю №4 → №3 → №2 → №1; забруднення цинком №4 → №3 → №2 → №1. Мідь та цинк – ессенціальні елементи, що беруть участь у різних життєво важливих для організму тварин біохімічних процесах: гормональних, ферментативних тощо. У певній кількості вони повинні надходити в організм тварини. Важлива їх роль і для вирощування рослин, тому необхідно не допускати перенасичення ґрунту Cu і Zn. Враховуючи концентрацію міді і цинку, а також інших більш небезпечних токсичних важких металів, таких як кадмій і свинець у гнойовій масі, валових і рухомих формах полютантів у ґрунті необхідно контролювати дотримання норми внесення органічного добрива на 1 гектар сільськогосподарських угідь. Науково-обґрунтована норма внесення органічних добрив, отриманих з гною великої рогатої худоби для запобігання накопиченню нітратів у ґрунті, становить 50–70 тонн на гектар. Нетрадиційні технології переробки гною за допомогою компостування гною, вермикультури чи виробництва біогазу так само практикуються в усьому світі для поліпшення екологічної ситуації у відповідному регіоні та країні загалом, що є важливим і для України.

Обговорення. Підстилковий гній великої рогатої худоби – один з найпоширеніших видів органічного добрива. Органічним добривам належить значна роль у накопиченні запасів гумусу, рівень котрого за постійного використання хімічних мінеральних добрив зменшується. Саме гумус є енергетичною базою біологічних процесів, котрі відбуваються у ґрунті, та джерелом доступних для рослин макро- і мікроелементів, у тому числі, важких металів, фізіологічно активних речовин, а також сорбентом різних забруднювальних речовин токсичних металів, пестицидів тощо. Фоновий вміст досліджуваних важких металів у ґрунтах всіх дослідних господарств знаходився в межах гранично допустимих концентрацій, при цьому виявлено перевищення допустимої норми рухомих форм в середньому за кадмієм у 4,3–8,3 раза, свинцем – у 4,9–8,8 раза, міддю – 3,3–4,5 та цинком – у 1,8–2 раза, відповідно, в першому господарстві. В другому і четвертому дослідних господарствах спостерігали схожу ситуацію: перевищення ГДК рухомих форм полютантів у ґрунті обох господарств у середньому становило: Cd – у 3,9–9 та 3,6–7,3 раза, Pb – у 4,8–9 та 4,7–8,2 раза, Cu –3,2–5 та 1,9–4 раза, Zn –1,8–2 та 1,7–1,9 раза, відповідно, третьому господарстві – у 3–8,6 раза кадмію, 4–9 раза – свинцю, 2,6–4,7 раза – міді та у 1,7–2,1 раза цинку. В експерименті важко встановити, яка частка важких металів, котрі потрапили у ґрунт, надійшла з органічними добривами, яка – з агрохімікатами, а яка потрапила з техногенними викидами. Очевидним є те, що коли мінеральні добрива доступні за ціною, аграрії застосовують їх у великій кількості. Вони підкислюють ґрунт, посилюють тим самим збільшення рухомих форм полютантів у ґрунті і спричиняють міграцію важких металів у рослини. Органічні добрива діють навпаки. Тому збільшення внесення органічних добрив на фоні значного зменшення внесення мінеральних у цьому аспекті дасть сприятливий результат. Надто, гній великої рогатої худоби – основне і найбільш екологічно безпечне органічне добриво. Вміст поживних речовин у ньому

залежить від ступеня його розкладу. Підстилковий гній є добрим органічним добривом. У якісному підстилковому гноєві середній вміст азоту становить 5 кг/т, фосфору –2,5–3 кг/т, калію – до 6 кг/т. Такий уміст поживних речовин досягається за правильного зберігання гною в гноєсховищі. Порушення правил зберігання гною призводить до 50 % втрати азоту і вуглецю, до 20–30 % вимивається фосфору і калію. Ефективність підстилкового гною залежить від ґрунтово-кліматичних умов та зростає з півдня на північ України, в її центральній лісостеповій зоні, де знаходиться Полтавщина, сконцентровано значне поголів'я великої рогатої худоби, інтенсивність застосування органічних добрив на полях стає надзвичайно важливою, в тому числі, і з точки зору розвитку органо-біологічного землеробства.

Вченими з Китаю [5] було проаналізовано велику кількість проб кормів і гною на вміст важких металів, котрі були зібрані не в чотирьох господарствах, як у нашому випадку, а на 150 тваринницьких фермах у провінції Цзянсу (Jiangsu Province, China). Концентрації Zn і Cu в кормах для тварин становили приблизно 15,9–2041,8 і 392,1 мг/кг, відповідно, тим часом Hg, As, Pb, Cd і Cr у всіх кормах були нижче 10 мг/кг. Концентрації Cu, Zn та Cr у гною тварин становили 8,4–1726, 39,5–11379 та 1,0–1602 мг/кг, відповідно, а As, Cd, Hg та Pb – < 10 мг/кг. Концентрація Cu, Zn, As і Cr в кормах для тварин та гною мала позитивну кореляцію ($P<0,001$), але Cd, Hg і Pb статистично не корелювали між вмістом у кормах і вмістом у гною. Концентрації Cu, Zn були найвищими в кормах для свиней і гною, за ними йшли птиця, дійні тварини. Протягом 1990–2008 рр. вміст Cu, Zn, As, Cr, Cd збільшився на 771 %, 410 %, 420 %, 220 % і 63 % у свинячому гною, на 212 %, 95 %, 200 %, 791 % і 63 % – у гною дійних тварин та 181 %, 197 %, 1500 %, 261 і 196 % – у пташиному посліді. За даними вчених, збільшення відбулося переважно з 2002 по 2008 рік, що вказує на широке використання кормових добавок після 2002 року. На відміну від цього, рівень Pb і Hg у гною постійно знижувався з 1990 по 2008 рік. Результати досліджень свідчать, що вміст важких металів у тваринному гною значно збільшився протягом понад 18 років, що, відповідно, посилить надходження їх у ґрунт. Вчені Yan Xu та ін. також зазначають, що гній худоби в Китаї має значний потенціал до забруднення важкими металами, оскільки в країні поширене надлишкове додавання в корми мінеральних елементів, котрі є важкими металами, зокрема, міді і цинку [17]. Щоб зменшити захворюваність тварин, корми обробляють різними мікроелементними добавками, в яких мідь і цинк – основні складники. Велика кількість важких металів потрапляє у гній. Надлишок міді та цинку у гною ВРХ в різних регіонах Китаю коливався в широкому діапазоні.

Питання дослідження вмісту важких металів у кормах та гнойовій масі цікавлять вчених різних країн і континентів планети. Науковцями з Англії [7] досліджено 183 проби кормів для худоби та 85 проб гною тварин, зібраних з комерційних ферм в Англії. Нами досліджено 40 проб гною по 10 проб з кожного комерційного господарства. Британські вчені визначали вміст цинку, міді, нікелю, свинцю, кадмію, миш'яку, хрому і ртуті. Наші дослідження було зосереджено на найбільш небезпечних важких металах – кадмії, свинцю, міді та цинку, забруднення котрими характерне для цього регіону, за даними екологічного моніторингу. Вченими [7] встановлені концентрації цинку та міді в кормах для свиней, котрі становили від 150-2920 мг/кг сухої речовини за цинком та 18–217 мг/кг – за міді, залежно від віку свиней. У кормах для птиці концентрації коливалися від 28–4030 мг/кг – за цинком і 5–234 мг/кг – за міддю, при цьому корми для курей-несучок завичай мали більший вміст важких металів, ніж корми для бройлерів. Концентрації Zn і Cu у молочних і м'ясних кормах великої рогатої худоби були значно нижчими, ніж у кормах для свиней і птиці. Свинячий гній зазвичай містив біля 500 мг/кг цинку і майже 360 мг/кг міді, що вказує на концентрацію металу в кормах. Типові концентрації в пташиному посліді становили 400 мг/кг цинку і 80 мг/кг міді, а в гною великої рогатої худоби – 180 мг/кг цинку і 50 мг/кг міді. Нами зафіксовані значно нижчі концентрації, котрі становили в середньому 66,55–81,49 мг/кг по цинку та 37,71–47,42 мг/кг по міді, відповідно, що зумовлено значно меншим забрудненням кормів. Вміст сухої речовини у відходах великої рогатої худоби та свиней був корисним індикатором концентрації важких металів у натуральній речовині.

Гній великої рогатої худоби використовується рослинами не тільки в прямій дії, його ефективність прослідковується і у післядії, на 2 та 3 рік після внесення. Підстилковий гній у системі удобрення найдоцільніше вносити під цукрові і кормові буряки, кукурудзу на зерно і на силос, соняшник, ріпак та сою. Звичайно, внесення гною під кормовий буряк, кукурудзу на силос і інші кормові культури, особливо ті, що йдуть на корм дійним коровам для виробництва екологічно безпечного молока, потребує урахування норми внесеня органічного

добрива з розрахунку на 1 га сільськогосподарських угідь, виходячи з концентрацій токсичних важких металів, таких як кадмій, свинець у гною та ґрунті. Під зернові культури (пшениця озима, ячмінь, жито) гній не рекомендується вносити, оскільки це агрономічно і економічно недоцільно. З високими дозами внесення органічного добрива (на рівні 40–60 т/га) необхідно бути обережним, оскільки станеться вилягання посівів через надлишок азоту, стійкість рослин до грибкових захворювань знижується.

Оптимальні дози внесення підстилкового гною залежать від ґрунтово-кліматичної зони України, що пов'язано з різним відсотком гумусу в ґрунті та його фізико-хімічними і механічними властивостями (сипучість, вміст вологи, ін.). Рекомендовані оптимальні норми для кукурудзи на зерно та силос – 30–40 т/га, кормовий буряк – 50 т/га, їх необхідно дотримуватися і підходити диференційовано з урахуванням концентрації полютантів у гною та ґрунті відповідної сівозміни. Для розрахунку норм внесення органіки необхідно провести дослідження ґрунту та дослідження складу органічного добрива. Також варто знати тип культури та її планову врожайність. Залежно від кількості мінеральних елементів живлення, в тому числі, важких металів у ґрунтах, органічному добриві та рослинах, формується загальна кількість необхідних для внесення поживних мінералів і встановлюється максимальне надходження токсичних металів. Для максимально точного розрахунку необхідно враховувати і післядію органічного добрива на 3–5 років. Максимально допустимі норми внесення органічних добрив передбачено у ДСТУ 7925:2015. Наприклад, якщо вміст азоту в підстилковому гною ВРХ становить 5 кг/т, максимально-допустима норма внесення у ґрунт – не більш як 34 т/га.

Основною вимогою при внесенні підстилкового гною є ступінь його подрібнення і рівномірність розподілу по поверхні ґрунту у встановленій нормі. На жаль, ще багато українських аграріїв застосовують застарілу радянську техніку (розкидачі). Величезний її недолік – відсутність якісного подрібнення гною та мала ширина розкидання (до 3 метрів). Рівномірність розподілу – низька, практично відсутня, зокрема подрібнення та рівномірний розподіл по поверхні поля підвищує засвоюваність поживних речовин гною рослинами і врожайність підвищується на 20–40 %. Будь-яке агропідприємство сьогодні буде рахувати витрати на розкидання гною, адже вартість палива значно зросла. Нова сучасна техніка набагато ефективніша щодо вирішення цієї проблеми.

Підстилковий гній ВРХ найвигідніше вносити по поверхні ґрунту восени під глибоку оранку, а також навесні – під весняну оранку, гірше – під дискування або культивацію, оскільки значна частина добрив залишається на поверхні поля. Нерівномірність подрібнення і внесення гною призводить до зниження ефективності використання органіки кореневою системою рослин, знижує продуктивність всього поля, веде до втрати врожайності, спричиняє строкатість посівів та посилення накопичення важких металів. Заорювання гною в ґрунт необхідно здійснювати в той же день, після проходу гноєрозкидача, оскільки кожний день затримки заорювання гною призводить до втрати амонійного азоту до 50 %. Якщо розкиданий гній заорати через добу, позитивний вплив на врожайність культур знижується на 10–15 %, через чотири доби – вже на 30 %. Мало того, невчасне заорювання гною призводить до забруднення поверхневих та підземних вод. Забруднення питної води нітратами та важкими металами становитиме загрозу для життя і здоров'я людей.

Дуже часто на крупних фермах гній накопичується у великих кількостях і може загрожувати довкіллю. Шкода від забруднення і відповідні ризики біологічної небезпеки посилюються, якщо промислові ферми розміщені поблизу населених пунктів або водних ресурсів. Трапляються випадки, коли фермери через переповнення гноєсховищ вивозять гній прямо на поля, порушуючи встановлені ДСТУ 7925:2015 максимально допустимі норми, порушують методи внесення, що безумовно призведе до забруднення екосистем нітратами, фосфатами, сульфатами, хлоридами, важкими металами, такими, як кадмій, свинець, мідь та цинк, що підтверджується результатами досліджень [9]. У Китаї, як і в Україні, існує стандарт максимально допустимих норм внесення органічних добрив [14]. Крім того, було проведено загальнонаціональне дослідження компостів з тваринного гною. Проби аналізували на вміст 9 важких металів. Було з'ясовано, що концентрації токсичних металів варіюють у широких межах Zn – 11,8–3692 мг/кг, Cu – 3,6–916, Cr – 0,7–6603, Ni – 0,7–73, Pb – 0,05–189, As – 0,4–72, Co – 0,1–94, Cd – 0,01–8,7 та Hg – 0,01–1,9 мг/кг, відповідно. Значні кореляції між концентраціями цинку, міді та миш'яку вказували на комплексне забруднення компостів цими елементами. Багаторазове внесення компосту з підвищеною концентрацією важких металів значно підвищує концентрацію цинку, міді, кадмію та ртуті у ґрунті, порівняно з фоновими концентраціями. Дослідження вчених

[14] підкреслюють необхідність мінімізації концентрації Zn, Cu, Cd, Hg та As у тваринному гною, щоб забезпечити екологічну безпеку сільськогосподарських угідь.

Деякі виробники сільськогосподарської продукції для підвищення інтенсивності продуктивності тварин використовують незбалансовані раціони та корми сумнівної, часто низької якості, зокрема такі, що містять важкі метали. Дослідження мінерального складу кормів для тварин часто не проводяться з різних причин, зокрема, і через брак коштів. Раціони з кормами, що містять важкі метали, призведуть до переходу їх у гнойову масу, що підтверджено нашими дослідженнями (табл. 1, рис. 1). Гній містить велику кількість розчинених солей, зокрема, важких металів, котрі після випаровування вологи залишаються у ґрунті, зокрема у вигляді хлоридів, сульфатів, що спричиняє засолення ґрунтів і забруднення токсичними металами.

У Нідерландах, як і на північному заході Німеччини, тваринництво інтенсивно розвивається. Через високий вміст у гною поживних речовин його використовують як цінне органічне добриво, що позбавляє фермерів потреби купувати дорогі мінеральні добрива. Однак у Нідерландах не вистачає місця для величезної кількості гною, який вже просто став відходами. Голландські фермери платять від 18 до 25 євро за кубічний метр вивезення надлишкового гною. Фермерам дешевше доставляти гній до Німеччини. У 2016 році було експортовано понад 2,2 млн тонн тваринного гною. Німеччина є найбільшим покупцем гною із Голландії, хоча його достатньо у самій Німеччині. Утворення величезної кількості гною створює проблему і для Німеччини. Нітратний азот та фосфати погіршують стан річок, озер, прибережних смуг. Гранично допустима концентрація нітратів для країн Європейського союзу становить 50 мг/л, відповідно до Директиви 91/676/ЄС від 21 грудня 1991 року про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел. Вміст нітратів у понад 27 % підземних вод Німеччини сягає вже понад встановлену норму. Занадто висока концентрація нітратів у воді становить загрозу для здоров'я людини. Про необхідність перевезення гною з одних критичних регіонів Китаю в інші, з урахуванням моделі просторового розподілу поживних речовин у гною та потреби у них сільськогосподарських угідь для підтримання екологічного благополуччя територій, зазначається в публікації Zhi et al [12].

Ефективне і екологічно безпечне використання гною в господарствах як органічного добрива можливе лише за чіткої організації робіт з його зберіганння, внесення на поля, що передбачає всі операції з вивезення, подрібнення та рівномірного розподілу по поверхні ґрунту. Позитивним буде результат комбінування внесення органічних добрив разом з мінеральними, якщо буде хоч якась можливість їх закупівлі в господарствах з традиційним веденням землеробства. Подібного ефекту від комбінованого застосування органічних і мінеральних добрив можна досягти подвоєнням норми внесення органічних добрив і, тим самим, повної відмови від застосування мінеральних добрив – суто органічна система удобрення. Результати, отримані на Київщині [8], показали, що в разі подвоєння дози внесення підстилкового гною ВРХ, за достатньої його кількості в господарстві, заміна мінеральних добрив на гній підвищує вміст гумусу у сірому лісовому ґрунті до 1,88 %, тим часом за внесення органомінеральних добрив – до 1,77 %. Фінансові витрати на мінеральні добрива при цьому значно знижуються. Внесення понаднормованої кількості гною в ґрунт спричиняє не лише його забруднення, а й несприйнятливість добрив у майбутньому. Накопичення надлишку поживних речовин та важких металів може спричинити зворотній ефект – зменшення родючості ґрунту і погіршення його властивостей внаслідок пригнічення біогеоценотичних процесів, що порушує процеси самоочищення ґрунту.

Вченими [10] було проведено 4 місячний експеримент з дослідження реакції важких металів і поживних речовин гною в процесі його компостування з додаванням залишків грибів з дощовими черв'яками та без них. Результати показали, що дощові черв'яки прискорюють мінералізацію органічної речовини (знижується співвідношення C/N, збільшується загальна концентрація N, P, K) та гуміфікацію. Незважаючи на те, що компостування збільшило загальну концентрацію важких металів (As, Pb, Cu, Zn), незалежно від дощового черв'яка, доступність важких металів значно зменшилася ($P<0,05$), особливо за оброблення дощовими черв'яками. Перехід від доступних до недоступних фракцій важких металів відбувався або через біоакумуляцію дощових черв'яків, на що вказує загальна концентрація важких металів, котра була вищою в тканинах черв'яків, або через утворення стабільних комплексів метал-гумус, що вказує на сприяння гуміфікації. Таким чином, дані дослідження доводять, що процес вермикомпостування може підвищити якість поживних речовин та зменшити вплив важких металів у сільськогосподарських органічних відходах ґрунтів.

На ефективність компостування свинячого гною, що містить важкі метали, вказують дослідження [11]. Гній з умістом важких металів було компостовано під дією мікроорганізмів, які фіксують азот. Порівняно з контролем, дослідний компост показав значно нижчий екстрагований Cd (23,10 %), Cu (48,15 %), Cr (82,79 %), Pb (4,49 %) та Zn (29,15 %) ($P<0,05$). Автори – дійшли висновку, що метод компостування гною є ефективним для забезпечення біобезпеки органічних добрив. Дослідження якості та екологічної безпеки компостування гною проводили і корейські вчені [15]. Проведено експеримент компостування гною з тирсою. На різних стадіях компостування концентрації Zn, Cu та Pb значно різнилися, що дало змогу запропонувати відповідні параметри дозрівання компостної маси, котра забезпечила максимальну екологічність застосування її як органічного добрива.

До деяких досить рідкісних, сучасних технологій належить піроліз біомаси відходів гною в біовугілля для відновлення (рекультивації) ґрунту. Позитивну роль вчені обґрунтовують тим, що традиційні технології переробки гною досить повільні і не завжди ефективні [16]. Щоб покращити управління вуглецем і зменшити викиди парникових газів, такий спосіб переробки гною може у майбутньому стимулювати розвиток промисловості з виробництва біовугілля. Завдяки піролізу важкі метали з гною фіксуються в біовугіллі. У такий спосіб, мінімізується забруднення ґрунту як через вимивання, так і поглинання токсикантів сільськогосподарськими культурами. Піролізне біовугілля потенційно може використовуватися для рекультивації ґрунту, агрономічної і екологічної доцільності (рис. 2). Американські вчені [18] досліджують використання дистанційного зондування для визначення застосування гною у східній Північній Каролініі, де на фермах утримується велике поголів'я тварин. На невеликій території концентрується значна кількість гною. Супутниковий радар (рис. 2) застосовувався для визначення місця і часу внесення гною на сільськогосподарських угіддях, щоб уникнути перенасичення ґрунту речовинами. Такі дослідження вчених доводять важливість обов'язкового вирішення питання екологічно безпечного застосування органічних добрив у тваринницьких господарствах.

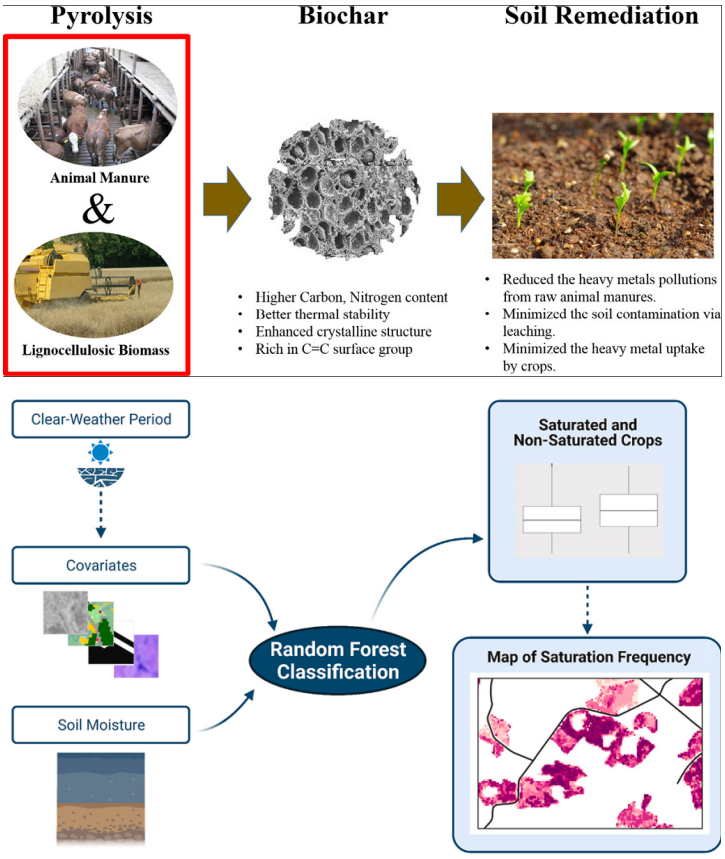


Рис. 2. **Технологія піролізу гною [16] та застосування супутникового радару для визначення місця і часу внесення гною як органічного добрива [18].**

Таким чином, токсичні важкі метали, такі як кадмій, свинець, мідь та цинк і багато інших мінеральних елементів, з кормами раціону потрапляють в організм тварин, легко проходять шлунково-кишковий тракт дійних корів, частина їх акумулюється у внутрішніх органах і тканинах, певна кількість виводиться з молоком та екскрементами, що підтверджується хімічним аналізом гною тварин та узгоджується з дослідженнями інших вчених. Чим більше перевищення ГДК вмісту важких металів в кормах, тим більше надходження їх в організм тварин з добовим раціоном, більше надходження полютантів з екскрементами в гній. Тому важливо перед внесенням органічного добрива обов'язково досліджувати як сам гній на вміст поживних та шкідливих речовин, важких металів, так і ґрунт з метою уникнення негативних екологічних наслідків, котрі можуть виникнути в результаті його понаднормового внесення. У світовій практиці використовують різні технологічні прийоми зі зменшення негативного впливу гною на екосистеми, котрі передбачають нормування внесення органічних добрив, компостування гною, вирощування вермикультури чи личинок чорної солдатської (синантропної) мухи [20], виробництво біогазу [13], розвиток екологічно безпечного органо-біологічного землеробства тощо, а концентрацію важких металів у гною необхідно обов'язково контролювати перед внесенням його на поля як органічного добрива [19].

Висновки. Сучасні умови ведення агробізнесу, ріст цін на мінеральні добрива та багато інших факторів спонукають підприємців до інтенсивнішого використання гною як якісного та екологічно безпечного органічного добрива. Гній у господарствах, де утримується дійне стадо, накопичується у великих кількостях, виступає кінцевою ланкою концентрації важких металів кадмію, свинцю, міді, цинку, котрі після метаболізму переходять в екскременти та гній. Згодовування мінерально-вітамінного премікса та ін'єкція біопрепарату посилюють елімінацію токсичних металів з організму і підвищують їх концентрацію у гною корів з різними типами годівлі до 0,07–0,11 мг/кг (Cd), 5,48–8,25 мг/кг (Pb), 37,71–47,42 мг/кг (Cu) та 66,55–81,49 мг/кг (Zn). Під час заготівлі екологічно безпечних кормів для дійних корів і виробництва якісного екологічно безпечного молока необхідно дотримуватися нормування внесення органічних добрив з урахуванням концентрації у гною та ґрунті токсичних важких металів, особливо кадмію та свинцю. Гній, що утворився під час застосування забруднених важкими металами раціонів, необхідно вносити як органічне добриво, попередньо визначивши норму його внесення (з урахуванням вмісту ксенобіотиків у ґрунті). Варто застосовувати диференційоване внесення і в такий спосіб зменшувати навантаження важкими металами як на одиницю площі сільськогосподарських угідь, так і на рослини, особливо, коли вміст важких металів у кормах перевищує ГДК в 10 і більше разів. Використовувати техніку, котра дає змогу ефективно вивезти, подрібнити та рівномірно розкидати органічне добриво по полю. Внесення гною як органічного добрива потребує систематичного моніторингу за динамікою міграції важких металів у ґрунтах сільськогосподарських угідь скотарських господарств з утримання дійних корів лісостепової та ін. сільськогосподарських зон. Враховувати комплексну антропогенну дію на агроекосистеми джерел забруднення довкілля та ширше застосовувати нетрадиційні способи переробки гною за допомогою компостування, вирощування вермикультури, личинок синантропної мухи чи виробництва біогазу. Гній, що утворився під час поїдання кормів з перевищенням ГДК важких металів у 20 і більше разів, вносити під технічні культури та обмежувати норму під овочеві та кормові. Якщо ГДК важких металів у масі гною перевищуватиме у 100 разів і більше, ефективним буде метод піролізу та виробництва біовугілля. Компостування гною шляхом змішування з торфом, землею, соломою, тирсою більш безпечними щодо вмісту важких металів матеріалами також зменшуватиме концентрацію токсикантів в 1кг гною.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Review on fate and bioavailability of heavy metals during anaerobic digestion and composting of animal manure/ X. Zheng et al. Waste Management. 2022. Vol. 150. P. 75–89. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2022.06.033

2. Nicholson F. A., Chambers B. J., Williams J. R., Unwin R. J. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. Bioresource Technology. 1999. Vol. 70. Issue 1. P. 23–31. ISSN 0960-8524, DOI:10.1016/S0960-8524(99)00017-6

3. Lv B., Xing M., Yang J. Speciation and transformation of heavy metals during vermicomposting of animal manure. Bioresource Technology. 2016. Vol. 209. P. 397–401. ISSN 0960-8524, DOI:10.1016/j.biortech.2016.03.015

4. Heavy metal and nutrient changes during vermicomposting animal manure spiked with mushroom residues/ X. Song et al. Waste Management. 2014. Vol. 34. Issue 11. P. 1977–1983. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2014.07.013

5. Changes in heavy metal contents in animal feeds and manures in an intensive animal production region of China/ H. Wang et al. Journal of Environmental Sciences. 2013. Vol. 25. Issue 12. P. 2435–2442. DOI: 10.1016/S1001-0742(13)60473-8.

6. Praice W. Analitical atomic absortion spectrometry. London, New-York, Phein, 1972. P. 259–275.

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

8. Bobyk S. Revival of organics. 2015. URL:https://ag-bag.ua/advice/vidrod zhennja-organiki_-pidstilkovij-gnij-vrh

9. Kuzurziak K. V. The influence of pig farms of different capacities on the ecological state of the surrounding territories: autoref. thesis Ph.D. village Sciences: 03.00.16. National Acad. agrarian of Sciences of Ukraine, Institute of Agroecology and Nature Management. Kyiv, 2017.

10. Heavy metal and nutrient changes during vermicomposting animal manure spiked with mushroom residues/ X. Song et al. Waste Management. 2014. Vol. 34. Issue 11. P. 1977–1983. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2014.07.013

11. Influence of microbial augmentation on contaminated manure composting: metal immobilization, matter transformation, and bacterial response/ C. Wang et al. Journal of Hazardous Materials. 2023. Vol. 441. 129762 p. ISSN 0304-3894, DOI:10.1016/j.jhazmat.2022.129762

12. Redeploy manure resources to enhance the agro-pastoral cycle/ B. Zhi et al. Science of The Total Environment. 2022. Vol. 846. 157439 p. ISSN 0048-9697, DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.157439

13. Current and prognostic overview on the strategic exploitation of anaerobic digestion and digestate: A review, Environmental Research/ S. Chozhavendhan et al. 2023. Vol. 216. Part 2. 114526 p. ISSN 0013-9351, DOI:10.1016/j.envres.2022. 114526.

14. Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China/ X. Yang et al. Waste Management. 2017. Vol. 64. P. 333–339. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2017.03.015.

15. Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in composts made from animal manure/ H.J. Ko et al. Waste Management. 2008. Vol. 28. Issue 5. P. 813–820. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2007.05.010.

16. Utilization of current pyrolysis technology to convert biomass and manure waste into biochar for soil remediation: A review/ S. Tan et al. Science of The Total Environment. 2023. Vol. 864. 160990 p. ISSN 0048-9697, DOI:10.1016/j.scitotenv. 2022.160990.

17. Data integration analysis: Heavy metal pollution in China's large-scale cattle rearing and reduction potential in manure utilization/ Y. Xu et al. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 232. P. 308–317, ISSN 0959-6526, DOI:10.1016/j. jclepro.2019.05.337.

18. Shea K., Schaffer-Smith D., Muenich R.L. Using remote sensing to identify liquid manure applications in eastern North Carolina. Journal of Environmental Management. 2022. Vol. 317. 115334 p. ISSN 0301-4797, DOI:10.1016/j.jenvman. 2022.115334.

19. Dong R., Qiao W., Guo J., Sun H. Chapter 10 - Manure treatment and recycling technologies, Editor(s): Alexandros Stefanakis, Ioannis Nikolaou, Circular Economy and Sustainability. Elsevier. 2022. P. 161–180. ISBN 9780128216644, DOI:10.1016/B978-0-12-821664-4.00009-1.

20. Black soldier fly larvae for organic manure recycling and its potential for a circular bioeconomy: A review/ T. Liu et al. Science of The Total Environment. 2022. Vol. 833. 155122 p. ISSN 0048-9697, DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.155122.

REFERENCES

1. Zheng, X., Zou, D., Wu, Q., Wang, H., Li, S., Liu, F., Xiao, Z. (2022). Review on fate and bioavailability of heavy metals during anaerobic digestion and composting of animal manure. Waste Management, Vol. 150, pp. 75–89. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2022.06.033.

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. ISSN 0960-8524, DOI:10.1016/S0960-8524(99)00017-6.

3. Lv, B., Xing, M., Yang, J. (2016). Speciation and transformation of heavy metals during vermicomposting of animal manure. Bioresource Technology, Vol. 209, pp. 397–401, ISSN 0960-8524, DOI:10.1016/j.biortech.2016.03.015.

4. Song, X., Liu, M., Wu, D., Qi, L., Ye, C., Jiao, J., Hu, F. (2014). Heavy metal and nutrient changes during vermicomposting animal manure spiked with mushroom residues. Waste Management, Vol. 34, Issue 11, pp. 1977–1983. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2014.07.013.

5. Wang, H., Dong, Y., Yang, Y., Toor, G.C., Zhang, X. (2013). Changes in heavy metal contents in animal feeds and manures in an intensive animal production region of China. Journal of Environmental Sciences, Vol. 25, Issue 12, pp. 2435–2442. DOI:10.1016/S1001-0742(13)60473-8.

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

7. 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.

8. Bobyk, S. (2015). Revival of organics. Available at:https://ag-bag.ua/advice/vidrodzhennja-organiki_-pidstilkovij-gnij-vrh

9. Kuzurziak, K. V. (2017). The influence of pig farms of different capacities on the ecological state of the surrounding territories: autoref. thesis Ph.D. village Sciences: 03.00.16. National Acad. agrarian of Sciences of Ukraine, Institute of Agroecology and Nature Management. Kyiv.

10. Song, X., Liu, M., Wu, D., Qi, L., Ye, C., Jiao, J., Hu, F. (2014). Heavy metal and nutrient changes during vermicomposting animal manure spiked with mushroom residues. Waste Management, Vol. 34, Issue 11, pp. 1977–1983. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2014.07.013.

11. Wang, C., Jia, Y., Li, J., Li, P., Wang, Yu., Yan, F., Wu, M., Fang, W., Xu, F., Qiu, Z. (2023). Influence

of microbial augmentation on contaminated manure composting: metal immobilization, matter transformation, and bacterial response. Journal of Hazardous Materials, Vol. 441, 129762 p. ISSN 0304-3894, DOI:10.1016/j.jhazmat.2022.129762.

12. Zhi, B., Xiang, S., Wang, Y., Dai, Z., Du, P., Wang, R., Li, X., Yang, G., Feng, Y., Ren, G., Wang, X. (2022). Redeploy manure resources to enhance the agro-pastoral cycle. Science of The Total Environment, Vol. 846, 157439 p. ISSN 0048-9697, DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.157439.

13. Chozhavendhan, S., Karthigadevi, G., Bharathiraja, B., Praveen Kumar, R., Abo, L.D., Venkatesa Prabhu, S., Balachandar, R., Jayakumar, M. (2023). Current and prognostic overview on the strategic exploitation of anaerobic digestion and digestate: A review. Environmental Research, Vol. 216, Part 2, 114526 p. ISSN 0013-9351, DOI:10.1016/j.envres.2022.114526.

14. 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.

15. Ko, H.J., Kim, K.Y., Kim, H.T., Kim, C.N., Umeda, M. (2008). Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in composts made from animal manure. Waste Management, Vol. 28, Issue 5, pp. 813–820. ISSN 0956-053X, DOI:10.1016/j.wasman.2007.05.010.

16. Tan, S., Zhou, G., Yang, Q., Ge, S., Liu, J., Cheng, Y.W., Yek, P.N.Y., Mahari, W.A.W., Kong, S.H., Chang, J-S., Sonne, C., Chong, W.W.F., Lam, S.S. (2023). Utilization of current pyrolysis technology to convert biomass and manure waste into biochar for soil remediation: A review. Science of The Total Environment, Vol. 864, 160990 p. ISSN 0048-9697, DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.160990.

17. Xu, Y., Li, J., Zhang, X., Wang, L., Xu, X., Xu, L., Gong, H., Xie, H., Li, F. (2019). Data integration analysis: Heavy metal pollution in China's large-scale cattle rearing and reduction potential in manure utilization. Journal of Cleaner Production, Vol. 232, pp. 308–317. ISSN 0959-6526, DOI:10.1016/j.jclepro.2019.05.337.

18. Shea, K., Schaffer-Smith, D., Muenich, R.L. (2022). Using remote sensing to identify liquid manure applications in eastern North Carolina. Journal of Environmental Management, Vol. 317, 115334 p. ISSN 0301-4797, DOI:10.1016/j. jenvman.2022.115334.

19. Dong, R., Qiao, W., Guo, J., Sun, H. (2022). Chapter 10 - Manure treatment and recycling technologies, Editor(s): Alexandros Stefanakis, Ioannis Nikolaou, Circular Economy and Sustainability. Elsevier, pp. 161–180, ISBN 9780128216644, DOI:10.1016/B978-0-12-821664-4.00009-1.

20. Liu, T., Klammsteiner, T., Dregulo, A.M., Kumar, V., Zhou, Y., Zhang, Z., Awasthi, M.K. (2022). Black soldier fly larvae for organic manure recycling and its potential for a circular bioeconomy: A review. Science of The Total Environment, Vol. 833, 155122 p. ISSN 0048-9697, DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.155122.

Ensuring the ecological safety of agroecosystems in conditions of increased content of heavy metals in fodder and manure of cows

Portiannik S.

Environmental pollution with organic waste from livestock, especially cattle manure, is relevant for various countries of the world, including the United States of America and the countries of the European Union. Manure, which contains toxic heavy metals such as cadmium, lead, copper and zinc, is a much greater threat to agroecosystems and, in particular, to the soil. In the forest-steppe zone of Ukraine, a scientific and economic experiment was conducted on dairy cows for the production of ecologically safe milk. During the experiment, the research groups were fed a special mineral-vitamin premix and an injection of a biological preparation that enhanced the elimination of heavy metals with excrement. Experiments were conducted in four farms with different livestock. At the end of the experiment, 10 samples of manure mass were taken from each farm (total of 40 samples) and a chemical analysis of the concentration of heavy metals Cd, Pb, Cu and Zn was made using atomic absorption spectrophotometry (spectrophotometer AAS-30). It was established that as a result of the content in animal diets of fodder with exceeding the maximum allowable concentrations of heavy metals, they, passing through the gastrointestinal tract, fall together with excrement into manure. The average concentration of cadmium was 0.07-0.11 mg/kg, lead 5.48-8.25 mg/kg, copper 37.71-47.42 mg/kg, zinc 66.55-81.49 mg / kg. Litter manure is subsequently applied to agricultural land as an organic fertilizer. In order to prevent soil contamination with heavy metals, it is necessary to establish the expediency of applying organic fertilizers to vegetable and fodder crops in each specific case, especially those that are fed to dairy cows. In connection with the difficulty, in today's conditions, for farmers to purchase a sufficient amount of mineral fertilizers, to increase the use of organic fertilizers, if their quantity is sufficient in the farm, but their application to the soil should be controlled and standardized, taking into account the concentration of toxicants in the manure mass and the soil of agricultural lands with simultaneous improvement of grinding and uniformity of distribution over the field. The use of modern equipment for crushing and spreading manure, as well as scientifically based methods of its composting, growing vermiculture, synanthropic fly larvae or biogas production will con-

tribute to the introduction of manure into the soil as an ecologically safe organic fertilizer, will positively affect its mechanical and physical chemical properties, will ensure a good economically effective yield of crops, ecological safety of agroecosystems, cows with ecologically safe feed.Keywords: average daily hopes, premix, bioprepared, cadmium, lead, copper, zinc, contaminated feeds, antidote substances.

Key words: manure, heavy metals, organic waste, ecological safety, agro-ecosystem, 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

ЕКОЛОГІЯ

УДК 636.5:502/.504

Екологічні проблеми промислового та органічного птахівництва (огляд)

Каркач П.М., **Машкін Ю.О.**, **Фесенко В.Ф.**

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: kpm54@ukr.net

OPEN ACCESS

Каркач П.М., Машкін Ю.О., Фесенко В.Ф. Екологічні проблеми промислового та органічного птахівництва (огляд). Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 145–158.

Karkach P., Mashkin Y., Fesenko V. Environmental problems of industrial and organic poultry farming. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 145–158.

Рукопис отримано: 18.04.2023 р.
Прийнято: 02.05.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-145-158

Птахівництво, використовуючи сучасні інтенсивні методи ведення сільського господарства, є однією з найефективніших галузей тваринництва, що забезпечує харчову безпеку значної частини населення земної кулі. В умовах промислового птахівництва найбільша частка світового виробництва (до 98 % м'яса та 92 % яєць) припадає на м'ясо курчат-бройлерів (меншою мірою – м'ясо індиків, качок, гусей та ін.), а також на харчові яйця, отримані від сучасних яєчних кросів курей. Світовий обсяг виробництва м'яса птиці оцінюють у 137,8 млн т та яєць – у 86,3 млн метричних т у 2021 р. зі стійким зростанням щороку. Враховуючи побажання споживачів, європейські країни все масовіше переходять на виробництво органічної продукції птахівництва, вважаючи, що таким чином можуть якнайкраще задовольнити вимоги споживачів, які базується на трьох основних вимірах оцінки якості: 1) безпечність місць утримання птиці; 2) безпечність органічної продукції для здоров'я людини; 3) безпечність виробництва органічної продукції для навколишнього середовища. Покращення умов утримання птиці направлено на використання екстенсивних виробничих систем, таких як органічні системи, системи вільного вигулу з нижчою щільністю посадки. Такі системи утримання набувають дедалі більшої популярності, особливо в Європейському Союзі, і направлені на поліпшення умов ведення сільського господарства і благополуччя птиці, зменшення впливу на навколишнє середовище і підвищення стійкості галузі. Однак як інтенсивні методи вирощування за промислового, так і органічного птахівництва, вони призводять до значного впливу на здоров'я людини та на навколишнє природне середовище. Відходи, такі як пташиний послід і використана підстилка, пов'язані з викидами амоніаку, оксиду азоту та метану, впливають на глобальні викиди парникових газів, становлять серйозну загрозу для довкілля і здоров'я людини. Відходи птахівництва можуть містити залишки пестицидів, хвороботворні мікроорганізми, фармацевтичні препарати (антибіотики), гормони, метали, макроелементи (у неправильних співвідношеннях) та інші забруднювальні речовини, що можуть призвести до забруднення повітря, ґрунту та води, а також до утворення штамів, стійких до протимікробних препаратів багаточисельної лікарської стійкості. Проведений аналіз свідчить, що промислове птахівництво, з точки зору екологічної безпеки, може бути більш контрольованим, ніж органічне.

Ключові слова: промислове та органічне птахівництво, стан навколишнього середовища, екологічна безпека, забруднення повітря, ґрунту, води, забруднювальні речовини.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Починаючи з 1974 року, ріст населення Землі збільшувався кожні 12–14 років на 1 млрд і на початок 2023 року становить 8,07 млрд чоловік [76]. Останні прогнози ООН показують, що населення світу може зрости приблизно до 8,5 млрд у 2030 році та до 9,7 млрд – у 2050 році. Піку – приблизно в 10,4 млрд осіб – ріст населення може досягти протягом 2080-х років і залишатися на цьому рівні до 2100 року [79]. У зв'язку з цим попит на продукти харчування тваринного походження постійно зростає. При цьому важливим є питання виробництва тваринних білків найдешевшим способом і в найкоротші терміни.

Птахівництво, використовуючи сучасні інтенсивні методи ведення сільського господарства, є однією з найефективніших галузей тваринництва, що забезпечує харчову безпеку значної частини населення Земної кулі. В умовах промислового птахівництва найбільша частка світового виробництва (до 98 % м'яса та 92 % яєць) припадає на м'ясо курчат-бройлерів (меншою мірою – м'ясо індиків, качок, гусей та ін.), а також на харчові яйця, отримані від сучасних яєчних кросів курей [52]. Світовий обсяг виробництва м'яса птиці оцінюють у 137,8 млн т та яєць – у 86,3 млн метричних т у 2021 р. зі стійким зростанням щороку [9, 17, 35]. Однак такі інтенсивні методи вирощування призводять до значного впливу на здоров'я людини та на навколишнє середовище [27].

Щоб зробити стійкий внесок у продовольчу безпеку перед галуззю птахівництва стоїть завдання: підвищити рівень виробництва, зменшуючи вплив на навколишнє середовище і залишаючись при цьому економічно життєздатною та соціально відповідальною. Ці вимоги стосуються як традиційного промислового птахівництва (утримання в кліткових батареях), так і органічного (вільно-вигульна система утримання). Більшість поголів'я птиці, включно з бройлерами (яких розводять для виробництва м'яса) і несучками (яких використовують для виробництва яєць), вирощується на фермах промислового інтенсивного виробництва. Таке промислове птахівництво зі стадами, що налічують від кількох тисяч до кількох сотень тисяч голів, ведеться здебільшого в закритих приміщеннях відкритого типу або в багатоярусних клітках з автоматичними системами годівлі й напування [52] і дуже високою щільністю утримання птиці (33 кг/м^2 і вище) [31]. Це призводить до значного впливу на довкілля через інтенсивний спосіб виробництва.

Враховуючи тенденції збільшення розвитку органічного птахівництва у європейських країнах, **метою наших досліджень** було проведення порівняльного аналізу екологічної безпеки та наслідків впливу на навколишнє середовище і населення при виробництві продукції промислового та органічного птахівництва.

Матеріали і методи досліджень. Матеріалом для роботи став порівняльний аналіз статистичних даних, постанов уряду, наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів, які стосуються екологічних проблем промислового та органічного птахівництва.

Результати дослідження та обговорення. Інтенсивне виробництво продукції птахівництва призводить до викидів, які впливають на різні компоненти навколишнього середовища, включаючи повітря, воду і ґрунт. Оскільки промислове птахівництво має справу з поголів'ям від кількох тисяч до кількох сотень тисяч голів птиці, яке утримується в одному або декількох пташниках, розташованих на птахофабриці в безпосередній близькості один від одного, воно може бути значним фізичним, хімічним і мікробним джерелом забруднення довкілля. Механічна вентиляція в таких приміщеннях спрямована на забезпечення птиці свіжим повітрям. Однак разом з повітрям в навколишнє середовище потрапляє значна кількість забруднювальних речовин, що утворюються від птиці, посліду або корму. Це може призвести до значного забруднення навколишнього середовища. Ці викиди можуть різнитися, залежно від типу пташника (проєктування та його експлуатації), умов утримання, сезону року, напряму вітру та погодних умов [39, 68].

Як правило, рівень викидів парникових газів галузі птахівництва (оксидів вуглецю і азоту, метану, амоніаку) пов'язаний із поводженням із послідом птиці [48]. Ґрунтуючись на оглядовій літературі, Anderson et al. (2021) зазначають, що аеробні умови у випадку твердої підстилки з пташників призводять до мінімальних викидів метану з її поверхні [3]. Викиди оксидів азоту здебільшого відбуваються під час зберігання та польового застосування використаної підстилки шляхом процесу нітрифікації та денітрифікації ($NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$). У звіті про інвентаризацію викидів Європейського союзу зазначено, що 92 % викидів амоніаку в ЄС у 2017 році були пов'язані із сільським господарством [77].

Дотримання нормативних параметрів мікроклімату в умовах інтенсивного промислового птахівництва передбачає вентиляцію пташників, яка забезпечує надходження свіжого повітря і звільнення від забрудненого газами та пилом повітря. Пил, що викидається з пташника, містить фрагменти пір'я і шкіри, фека-

лії, частинки корму, мікроорганізми та інші хімічні речовини (наприклад, фармацевтичні препарати) [31]. До складу пилу входять тверді частинки (ТЧ) з аеродинамічним діаметром від 0,001 до 100 мкм, які розділяються на різні фракції: $ТЧ_{10}$ (≤10 мкм), $ТЧ_{2,5}$ (≤2,5 мкм) і $ТЧ_{0,1}$ (≤0,1 мкм) [2]. Вдихання пташиного пилу може призвести до запалення та респіраторних захворювань, що негативно позначається на здоров'ї птиці, а також на здоров'ї працівників ферми та мешканців, які проживають у районах, прилеглих до ферм.

Газоподібний амоніак в атмосфері сприяє утворенню дрібних твердих частинок, що переносяться повітрям ($ТЧ_{2,5}$), унаслідок реакцій з водяною парою та іншими забруднювачами повітря, такими як двоокис сірки (SO_2) або оксиди азоту (NO і NO_2 або NO_x). Відмінності між рівнями аміаку пов'язані із застосовуваними методами утримання, обладнанням, а також видом птиці та її віком. Контроль викидів амоніаку може знизити концентрацію $ТЧ_{2,5}$ в атмосферному повітрі, і ці значення можуть бути в межах місцевих стандартів якості навколишнього середовища для птахофабрик [72]. На поверхні твердих частинок (ТЧ) можуть адсорбуватися різноманітні хімічні сполуки: йони важких металів, леткі органічні сполуки, неорганічні йони (Cl-, NO_3 -, SO^2_4 - , K+ , NH_4 +), пахучі сполуки (здебільшого сполуки, що містять азот чи сірку), антибіотики, а також алергени [23].

Ще одна проблема, яка може негативно позначитися на здоров'ї та якості життя працівників і навколишнього населення, це різкі запахи. Запахи є значним видом газоподібних забруднень інтенсивного птахівництва, які виникають у результаті діяльності анаеробних та аеробних мікробів під час розкладання відходів (первинної підстилки). Відходи птахівництва містять, серед іншого, органічні тверді частинки, леткі жирні кислоти, сполуки сірки (H_2S, меркаптани) та азоту (NH_3), що викидаються в повітря у вигляді сполук із неприємним запахом [8].

Птахофабрики виділяють різкі запахи, які містять диметиламін, амоніак, кетони, альдегіди, органічні кислоти та інші сполуки, які можуть чинити несприятливий вплив на якість життя та здоров'я сільськогосподарських робітників і населення [55]. Проведена у Польщі порівняльна оцінка корівника і пташника за коефіцієнтом емісії запаху (виражений на кг маси тіла тварини) показала, що середня концентрація запаху в пташнику була на 18 % нижчою, ніж на фермі молочної худоби [68]. Аналогічний рівень концентрації запаху було визначено при відгодівлі бройлерів у Німеччині [77].

Мінливість утворення запаху залежить від активності птахів, щільності посадки, pH, вентиляції, температури та вологості підстилки та повітря. Виділення запаху є однією з основних проблем птахівництва, оскільки завдає незручності навколишнім спільнотам, що призводить до скарг та протестів. Ще однією важливою областю досліджень є ідентифікація та кількісна оцінка пахучих сполук. Найбільш поширеними пахучими сполуками, що виділяються птахофабриками, є: диметилсульфід (ДМС), диметилдисульфід (ДМДС), диметилтрисульфід (ДМТС), н-гексан, оцтова кислота, 2,3-бутандіон, метанол, етанол, 1-бутанол, 2-бутан 1-октен-3-ол, 3-метил-1-бутанол, 3-метил-1-бутаналь, ацетон, 2-бутанон і 3-гідрокси-2-бутанон [28].

Забруднене повітря з птахофабрик може бути джерелом як сапрофітних, так і потенційно патогенних мікроорганізмів, що виділяються в атмосферне середовище [26]. Деякі дослідження показали, що кількість мікроорганізмів у повітрі може підвищуватися навіть на відстані до 3000 м від тваринницьких ферм [25]. Кількість бактерій і грибків у пташниках (як у бройлерів, так і у курей-несучок) може бути дуже високою, коливатись від $3,6\times10^3$ КУО $м^{-3}$ (колонієутворюючих одиниць на $м^3$) і збільшуватися з ростом птиці [40]. Крім того, встановлені сезонні коливання, тому що у більш спекотні місяці, зазвичай, потрібна додаткова вентиляція. Plewa та Lonc (2011) показали, що між зимовим та літнім періодами різниця у кількості мікроорганізмів навколо пташника становила приблизно у 100 разів для гетеротрофних бактерій та грибів і до 1000 разів – для стафілококів [62]. Крім кількості мікроорганізмів, що викидаються під час вентилювання пташника, важлива також їхня різноманітність. Беручи до уваги метагеномні дослідження, із пташників виділяється велике розмаїття мікроорганізмів. В осілому пилу курника було зареєстровано 139 родів бактерій і 107 родів грибів, тимчасом як у пташнику було виявлено 293 роди бактерій [83]. В атмосферному повітрі також було ідентифіковано потенційні патогени, такі як маніт-позитивні стафілококи (10^{1-10} 6 КУО м $^{-3}$) і бактерії з роду *Enterobacteriaceae* (10 ^{2} -10 ^{5} КУО м $^{-3}$) [15].

Крім того, в деяких випадках було підтверджено присутність стійких до антибіотиків бактерій, таких як бета-лактамази розширеного спектру *Enterobacteriaceae* і метицилін-резистентний золотистий стафілокок. Штами бета-лактамази було виявлено в промивних та стічних водах, пилу, ґрунті, мухах та повітрі пташників, тимчасом як у зовнішньому повітрі

досліджених будівель таких бактерій не було виявлено [12]. Аналогічно, присутність штамів метицилін-резистентного золотистого стафілококу було підтверджено всередині пташника ($5{,}2 \times 10^{3}$ ДЕ $м^{-3}$), водночас у повітрі на відстані 150 м бактерій виявлено не було [30].

Бройлери та кури-несучки в системах інтенсивного вирощування також схильні до бактеріальних та вірусних інфекцій верхніх дихальних шляхів. Передача збудника найчастіше відбувається повітряно-краплинним шляхом за прямого контакту із зараженою птицею, фекаліями, підстилкою або зараженим обладнанням. Якщо заходи біологічної безпеки недостатні, персонал ферми та ветеринари можуть діяти як пасивні переносники шкідливих біологічних агентів. Серед збудників, що спричиняють найбільші економічні збитки, виділяють вірус інфекційного бронхіту [7], пташину патогенну кишкову паличку, що спричиняє колібактеріоз [59], та вірус інфекційного ларинготрахеїту [88].

Підприємства галузей тваринництва (в т.ч. і птахівництва) також мають значний вплив на забруднення поверхневих вод у зоні їх розміщення. Базове оцінювання впливу на поверхневі води виконують шляхом визначення фізико-хімічних показників якості, таких як розчинений кисень, pH, загальний уміст завислих речовин, біохімічне споживання кисню, амонійний азот (NH_4+), нітрити (NO_2-) та фосфати (PO_4^{3+}). Повідомлялося, що внесення пташиного посліду на пасовища та орні землі є неточковим джерелом азоту та фосфору, що спричиняє забруднення води нижньої течії через поверхневі шляхи або підземне вилуговування. Середньорічна зважена концентрація азоту знаходилася в діапазоні від 10 мг $л^{-1}$ до 70 мг $л^{-1}$ за річних втрат азоту 60-70 % та фосфору 2–20 %. [10]. Забруднення водойм поживними речовинами (наприклад, PO_4-P, NO_3-N з гною, відходів птахо- та молочних ферм, сільськогосподарських добрив) спричиняє небезпечне цвітіння ціанобактерій, яке збільшує смертність риб, втрату біорізноманіття, неприємний запах води і може негативно вплинути на здоров'я людини [20]. Крім того, на підставі проведених досліджень, присвячених впливу сільського господарства на викиди металів у різні водні середовища, було встановлено, що птахофабрики у штаті Міссісіпі (США) визначені як точкові джерела надлишкового миш'яку та нітратів [60].

Значною екологічною проблемою як у птахівництві, так і в інших галузях тваринництва, є велика група важливих антропогенних сполук, якими є фармацевтичні препарати. Вони пов'язані, зокрема, із виникненням лікарської стійкості мікроорганізмів, присутніх у навколишньому середовищі. Фармацевтичні препарати, що вводяться птиці, зазвичай виділяються з їх послідом. За правильного збирання та зберігання у сховищах посліду або використаної підстилки вони не потраплять у поверхневі води. Однак у деяких випадках вони можуть безпосередньо виділятися у водні екосистеми, наприклад качками чи гусьми, або просочуватися через неправильне поводження та зберігання. Мало того, використання посліду птиці як добрива для ґрунту є шляхом поширення фармацевтичних препаратів через їх стійкість у навколишньому середовищі, включаючи водні простори [70]. Їх виникнення пов'язане з розвитком стійких до антибіотиків бактерій. Charuaud et al. (2019) зібрали дані про рівні концентрації в навколишньому середовищі та поведінку антибіотиків, які найчастіше використовуються в Європі [21]. Найчастіше використовуються у птахівництві та ветеринарії такі антибіотики, як пеніциліни, тетрацикліни та сульфаніламіди, споживання яких становить 31 %, 27 % та 10 % усіх застосовуваних антибіотиків, відповідно [20]. Щодо поширеності в навколишньому середовищі, то найбільш поширеними є сульфаніламіди, макроліди та полікетиди лактонів (еритроміцин), інгібітори дигідрофолатредуктази (триметоприм), хінолони/фторхінолони (ципрофлоксацин), тетрацикліни та нітроіміда. Вони були виявлені в стічних і поверхневих водах у концентраціях від нг $л^{-1}$ до мкг $л^{-1}$ [57].

Фармацевтичні препарати, що використовуються для людей, або ветеринарні препарати не повністю засвоюються, а відсоткова частка (від 30 до 90 %) виводиться у незміненому вигляді у навколишнє середовище [70]. Дослідження вмісту антибіотиків у пробах стічних вод показало, що вони переважно виявляються у стічних водах тваринництва (78±21 %), що підтвердило їх широке застосування у цій галузі. Крім того, у пробах стоків спостерігалося невелике збільшення частки антибіотиків (77±34 %) [73]. У типових очисних спорудах антибіотики частково видаляються, але в деяких випадках також можуть спостерігатися продукти розкладання, які, незважаючи на традиційні та сучасні методи очищення стічних вод, можуть бути більш токсичними, ніж вихідні сполуки зокрема: 38,9 % – макроліди, 16,7 % – сульфаніламіди, 11,1 % – фторхінолони. Також у неочищених стічних водах виявлені концентрації енрофлоксацину перевищували його прогнозовані значення неефективних концентрацій (0,064 мкг $л^{-1}$), ймовірно, через

недостатню тривалість періоду відміни після застосування антибіотиків [71]. Джерелами забруднення води можуть бути також пестициди (наприклад, імазаліл), які використовуються як дезінфікувальні засоби для господарських будівель, у тому числі пташників [16].

Крім того, в поверхневих водах, забруднених фекаліями тварин (в основному, диких птахів та птахівничих господарств з високою щільністю посадки), спостерігається *Campylobacter* spp (C. jejuni і C. coli), який було виявлено у 66 % проб поверхневих вод, відібраних у Нідерландах, що свідчить про широку присутність цих патогенів у поверхневих водах внаслідок фекального забруднення. На відміну від більшості джерел тваринного походження, європейські поверхневі води були в основному забруднені C. coli, при цьому співвідношення виділення *C. coli* і *C. jejuni* становило приблизно 3:1. Ці мікробіологічні агенти спричиняють понад 90 % випадків кампілобактеріозу людини, а штами Campylobacter, асоційовані із свійською птицею, в основному ідентифікуються у місцях очисних споруд та в районах з високою кількістю птахівничих ферм [51].

Інтенсифікація птахівництва стимулювала збільшення обсягу утворюваних органічних відходів у тому числі від посліду птиці та підстилки з послідом, які часто виробляються в кількостях більших, ніж ті, що необхідні для удобрення місцевих сільськогосподарських угідь. Відповідно до Регламенту ЄС про побічні продукти тваринного походження [33], послід є побічним продуктом тваринного походження і визначається як «будь-які екскременти та/або сеча сільськогосподарських тварин, крім риби, що вирощується, з підстилкою або без неї». Суміш пташиного посліду з кормовими відходами, пір'ям та підстилковими матеріалами, такими як деревна стружка або тирса, називається пташиним послідом. Обидва побічні продукти тваринного походження містять необхідні поживні речовини для рослин, такі як N, P і K [29]. Обсяг і якість посліду, що виробляється, визначаються кількістю і видом птиці. Оцінки річного виробництва посліду становлять 1,13 кг для бройлерів, 9,1–13,6 кг – для курей-несучок, 20 кг – для батьківського стада бройлерів та 3,6 кг – для ремонтного молодняку яєчних курей [66]. Склад пташиного посліду та посліду з підстилковим матеріалом варіюється, залежно від кількох факторів: типу вирощування (кліткове чи підлогове утримання), складу кормів, виду та кількості підстилкового матеріалу, щільності посадки птиці у пташнику, тривалості вирощування у пташнику та сезонності [29, 53]. Значне неконтрольоване збільшення обсягу пташиного посліду може становити серйозну загрозу для якості ґрунту та води. Тому надлишкові кількості часто вимагають зберігання, транспортування та переробки, стаючи побічними продуктами відходів, які необхідно нейтралізувати, щоб запобігти забрудненню повітря, ґрунту і води та нівелювати негативний вплив на здоров'я людини [29, 31].

Пташиний послід десятиліттями використовували як недороге органічне добриво, що позитивно впливало на ріст і врожайність різних сільськогосподарських культур і сприяло відновленню екологічних функцій ґрунту [44, 49]. Ступінь впливу перегною на якість ґрунту залежить від його фізичних та хімічних властивостей, управління, норми та часу внесення, типу ґрунту та клімату [33, 53]. В цілому його використання позитивно впливає на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту завдяки високому вмісту органічної речовини (ОВ) та поживних речовин [4]. Так, пташиний послід містить у собі 4–6 % азоту, тимчасом як гній від корів – тільки 0,5–0,7 %. Тому внесення його у ґрунт повинно бути більш контрольованим. Прикладом тому є проведення тесту щодо реакції дощових черв'яків на рівень вмісту пташиного посліду в ґрунті, порівняно з контрольним ґрунтом, в якому він відсутній. Автори спостерігали 100 % поведінку уникнення дощових черв'яків навіть за найнижчої норми (50 г/кг) внесення у ґрунт, припускаючи, що присутність посліду сильно відштовхує їх від цього довкілля і вказує на можливу втрату функції середовища мешкання. За вищих концентрацій (вище 250 г/кг), спостерігалася 52 % смертність та морфологічні зміни мертвих черв'яків [36, 61].

Пташиний послід також може містити значну кількість забруднювальних речовин, таких як залишки пестицидів, гормони, антибіотики, патогени та важкі метали, наявність яких знижує можливість використання його в чистому вигляді як добрива [50]. Багаторазове тривале застосування забрудненого пташиного посліду може призвести до накопичення забруднювальних речовин у сільськогосподарських ґрунтах, підвищення їх потенційної біодоступності і токсичності в навколишньому середовищі, що впливає на глобальні викиди парникових газів, а також на здоров'я птиці і людини. Послід та використана підстилка можуть містити залишки макроелементів (у неправильних співвідношеннях) та інші забруднювальні речовини, що можуть призвести до забруднення повітря, ґрунту та води, а також утворення штамів, стійких до протимікробних препаратів. Азот з по-

сліду виділяється як у вигляді органічних, так і неорганічних сполук, зокрема: присутній у вигляді сечової кислоти (від 40 до 70 %), амонію (від 4 до 20 %), сечовини (від 4 до 12 %) та азоту кормового білка (від 10 до 40 %). Невеликі кількості азоту також присутні у формі креатину [5]. Викиди азоту з посліду включають чотири основні форми: амоніак (NH_3), діазот (N_2), закис азоту (N_2O), метан (CH_4) та нітрати (NO_{3-}). Фосфор в основному викидається у вигляді фосфатів (P_2O_5) [64].

Загалом, незважаючи на достатні знання про склад посліду, його вплив на якість ґрунту та удобрювальну здатність, все ще є дуже мало інформації про поведінку фармацевтичних препаратів (антибіотиків), отриманих із пташиного посліду, у ґрунті та натуральних добривах, а також про їх потенційний вплив на ґрунтове середовище. За рекомендаціями науковців, необхідно проводити регулярний моніторинг складу пташиного посліду перед його внесенням у сільськогосподарські угіддя [61].

Найважливішою екологічною проблемою під час виробництва продукції як промислового, так і органічного птахівництва, є негативний вплив на здоров'я людини. Незалежно від того, чи відбувається виробничий процес на спеціалізованих птахофабриках з інтенсивною системою утримання, чи у невеликих господарствах, його характер часто пов'язаний з тривалим перебуванням працівників в умовах сильного біологічного забруднення. На кожному етапі вирощування птиці, в тому числі в племінних стадах, інкубаційних цехах або товарних стадах, спостерігають розвиток та поширення широкого спектру мікроорганізмів. Основну небезпеку для здоров'я працівників цієї професійної групи становить органічний пил, який містить, крім мінералів ґрунтового походження, осілі пилові частинки (корму, підстилки, екскрементів, фрагменти пір'я або епідермісу, що відшарувався), мікроорганізми (бактерії, гриби, віруси), шкідливі гази (NH_3, CO_2, H_2S) і хімічні частинки (наприклад, від добрив, пестицидів або дезінфікувальних засобів) [6]. У науковій літературі показано, що тривала дія шкідливих біологічних агентів, що містяться в пилу тваринного або рослинного походження, може призвести до виникнення багатьох порушень та захворювань органів дихання, у тому числі хронічної обструктивної хвороби легень, бронхіальної астми, хронічного бронхіту, гіперреактивності, алергічного альвеоліту, токсичного синдрому органічного пилу (ODTS), а також подразнення слизових оболонок, кон'юнктиви і шкіри [67].

Крім того, за останні 15 років серйозною проблемою не тільки у птахівництві (через величезні економічні втрати), а й для громадської охорони здоров'я, став вірус пташиного грипу [86]. Природним резервуаром цього вірусу є птиця, яка гребеться в землі (кури, індики), а також дикі птахи, які можуть переносити його на великі відстані. З 1997 р., коли епізоотичний вірус пташиного грипу подолав видовий бар'єр, майже в усьому світі було зареєстровано випадки зараження людини високопатогенними штамами вірусу, які раніше зустрічалися тільки у птахів (наприклад, A/H5N1 та A/H7N7) [69]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), до кінця 2020 року у світі було виявлено 862 випадків захворювання, з яких 455 (52,8 %) закінчилися смертю інфікованих [86]. Основним шляхом поширення пташиних вірусів є повітря. Вдихання інфекційних крапель або їх засохлих залишків, що містять інфекційний матеріал, а також безпосередній контакт з хворим птахом може призвести до розвитку інфекції людини. Його наслідком може бути тяжкий грип, пневмонія та дихальна недостатність [80]. Не виключена також передача вірусу через заражену воду, пряму внутрішньо носову або внутрішньо окову інфекцію, а також за використання необробленого посліду птиці як добрива для ґрунту [85]. За даними Європейського центру профілактики та контролю захворювань, до найуразливіших професійних груп щодо вірусів пташиного грипу належать особи, які мають безпосередній та тривалий контакт із зараженими домашніми або дикими птахами. Найчастіше це – працівники дрібних тваринницьких ферм та (дещо меншою мірою) – працівники великих комерційних птахофабрик, а також ті, що працюють на бійнях і беруть участь у знищенні інфікованих стад [47].

Серйозну загрозу для здоров'я працівників галузі птахівництва становлять грамнегативні бактерії (з їх аллергізуючими та ендотоксичними властивостями), а також грампозитивні бактерії і актиноміцети [40]. Грамнегативні палички, які можуть спричиняти професійні інфекційні захворювання (зазвичай зоонози), а також алергічні та імунотоксичні захворювання, особливо добре ростуть та розмножуються у вологих та теплих місцях, таких як пташники. Найчастіше зараження відбувається під час вдихання повітряно-краплинних інфекцій за безпосереднього контакту з птицею, що знаходиться в пташнику, або від частинок пилу, що містять фекалії і пір'я. Безпосередній контакт працівників ферми з птицею може призвести до розвитку орнітозу, що спричиня-

ється *Chlamydia psittaci*. Носіями цієї бактерії можуть бути кури, індички, качки та гуси. Інфекції, спричинені *Salmonella* і *Campylobacter* серед працівників птахофабрик і забійних цехів зустрічаються дуже рідко і зазвичай виникають у результаті недотримання правил особистої гігієни (інфекції харчового або водного походження) [26]. Працівники птахофабрик також можуть піддаватися впливу кишкової палички, яка, на відміну від видів *Salmonella* і видів *Campylobacter*, може бути присутня в повітрі пташників у високих концентраціях (10^2 –10^4КОЕ $м^{-3}$) [22]. Інфекції, що спостерігаються у людей і тварин, вказують на зростаючу загрозу з боку бактерій через стійкість виділених штамів до антибіотиків. Передача антибіотикорезистентних бактерій може відбуватися не тільки в результаті прямого контакту людини з птицею, що вирощується на фермі, але й за поширення бактеріальних штамів у зовнішньому середовищі через пташиний послід та використану підстилку як добриво [42].

До мікробіологічних загроз для працівників птахівничого господарства належать також плісняві гриби, що розвиваються в умовах підвищеної вологості на різних органічних матеріалах (таких як: корми, підстилка, ґрунт і т. д.). Працівники птахофабрик щодня піддаються впливу плісняви, що переноситься повітрям, проте їх концентрація в пташниках знаходиться в діапазоні, який зазвичай не перевищує порогового граничного значення (5×10^4 КУО $м^{-3}$) [41]. Вторинними нелеткими метаболітами плісняви є мікотоксини, що виявляють сильну токсичну дію на людину та птицю. Ці речовини можуть поширюватися у повітрі за допомогою конідій, фрагментів міцелію або середовища, на якому ростуть гриби. Підвищена чутливість до грибкових антигенів, присутніх в органічному пилу, може призвести до розвитку різних алергічних захворювань, у тому числі риніту, бронхіальної астми, кропив'янки, атопічного дерматиту, бронхолегеневого аспергільозу, алергічного синуситу та альвеоліту [43].

Екологічно безпечним є вплив біоаерозолю на здоров'я населення, що проживає в місцевості, наближеній до птахівничих комплексів. Smit et al., використовуючи в дослідженнях ядерний аналіз, виявили, що життя на відстані менш, як 1,15 км від найближчої птахоферми збільшує ризик пневмонії та великої кількості *Streptococcus pneumoniae* в мікробіоті ротоглотки. Це свідчить про те, що сильний вплив пилу на людей, які живуть поблизу птахофабрик, робить їх більш сприйнятливими до розвитку пневмонії, що спричиняється людськими (незоонозними) хвороботворними патогенами [75].

Крім того, подразнювальним і екологічно небезпечним для населення є запах, який розповсюджується під впливом амоніаку та сірководню. Модельні дослідження Pohl et al. показали, що концентрації сірководню та амоніаку можуть на порядок перевищувати фонові рівні в межах 1 км від тваринницьких приміщень, отже, впливати на якість повітря в межах кількох км [63]. Blanes-Vidal et al. досліджували зв'язок між впливом NH_3 і симптомами респіраторного та сенсорного подразнення, про які повідомляли самі пацієнти (наприклад, свербіж, сухість або подразнення носа, нежить, кашель, свистяче дихання у грудній клітці та утруднене дихання) серед жителів, які зазнали впливу та помірного забруднення повітря біовідходами. Автори заявляють, що ці ефекти можна пояснити тим, що NH_3 є маркером загального впливу органічних забруднювачів, наприклад, ендотоксинів, на ефект подразнення і симптоми зворотного причинно-наслідкового зв'язку [14].

Найбільшою загрозою для сучасної медицині і здоров'я людей є харчові продукти, заражені стійкими до антибіотиків бактеріями. У країнах ЄС щороку 33 000 людей помирають через зараження стійкими до антибіотиків бактеріями. При цьому 39 % інфекцій у всьому світі спричинено бактеріями, стійкими до «антибіотиків останньої інстанції», які вважаються критично важливими для ефективного лікування захворювань людини [45, 87]. Особливу тривогу та небезпеку для людини становлять бактерії роду *Salmonella spp.* і *Staphylococcus spp.* [69]. Вважається, що промислові птахофабрики є найбільшими джерелами розповсюдження штамів бактерій, стійких до антибіотиків. Заборона в скандинавських країнах (Швеції та Норвегії) антибіотиків як стимуляторів у тваринництві та птахівництві свідчить про практичну відсутність стійких до антибіотиків бактерій *Salmonella spp*. Чого не скажеш про інші країни. Наприклад, в Італії 58,26 % штамів були стійкими до ципрофлоксацину і 46,86 % – до тетрацикліну. У Польщі 52,83 % штамів були стійкими до ципрофлоксацину, 36,46 % – до тетрацикліну і 26,6 % – до ампіциліну. Стійкі до антибіотиків штами виділяють і в інших країнах з інтенсивним птахівництвом. У Німеччині 21,95 % штамів сальмонели були стійкими до ципрофлоксацину і 16,6 % штамів, стійких до тетрацикліну [19]. Звіт Germanwatch за 2020 рік показує, що серед зразків курячого м'яса від трьох найбільших виробників в Європі, які мають фабрики у Франції, Німеччині, Польщі, Нідерландах та Угорщині, 51 % зразків налічували штами, стійкі до антибіотиків [38].

Отже, оцінюючи екологічні проблеми промислового і органічного птахівництва, необхідно акцентувати увагу на оптимізації процесу вирощування птиці, зробивши його максимально ефективним, прибутковим і екологічно безпечним. Наведені вище екологічні проблеми промислового птахівництва, в більшості випадків, є наслідками недотримання нормативів щодо очищення посліду, повітря та води, які отримано після технологічного процесу вирощування птиці. Якщо більш відповідально ставитися до виконання нормативних вимог щодо захисту навколишнього природного середовища, то ці негативні наслідки можна нівелювати. Прикладом дотримання екологічної безпеки виробництва продукції промислового птахівництва є підприємства «Миронівська птахофабрика» та «Вінницька птахофабрика» агрохолдінгу «Наша ряба». Система менеджменту якості та безпечності харчової продукції, яку вони виробляють, базується на принципах HACCP а також належної виробничої практики GMP [82]. Відходи виробництва на цих підприємствах підлягають повному очищенню і переробці. Використання біофільтрів на пташниках сприяє очищенню газоповітряної суміші, яка збирається з усього обладнання цеху в межах 91–97 %. Сучасне підприємство ПрАТ «МХП Еко Енерджи» здійснює переробку відходів промислового птахівництва на біогаз і біометан [11]. З метою захисту водного середовища використана вода, перед тим, як потрапити в річку, проходить кілька етапів очищення. Спочатку відбувається груба механічна очистка води. Потім вона надходить до очисних споруд, де проходить біоочищення бактеріями [34]. Тобто, за використання сучасних методів екологічної безпеки виробництво продукції промислового птахівництва може бути цілком можливим і економічно вигідним.

Органічна продукція птахівництва є асортиментом «начебто якісної продукції», створеного споживачами, що базується на трьох основних вимірах оцінки якості: 1) безпечність місць утримання птиці; 2) безпечність органічної продукції для здоров'я людини; 3) безпечність виробництва органічної продукції для навколишнього середовища [46]. Враховуючи побажання споживачів, європейські країни все більш масово переходять на виробництво органічної продукції птахівництва, вважаючи, що у такий спосіб можуть якнайкраще задовольнити вимоги споживачів і подолати проблеми, наведені вище.

Покращення умов утримання птиці направлене на використання екстенсивних виробничих систем, таких як органічні системи, системи вільного вигулу з нижчою щільністю посадки. Такі системи утримання набувають дедалі більшої популярності, особливо в Європейському Союзі, і спрямовані на поліпшення умов ведення сільського господарства і благополуччя птиці, зменшення впливу на навколишнє природне середовище і підвищення стійкості галузі. Характеризуються такі системи використанням генотипів свійської птиці, які мають повільніший ріст, з доступом до зовнішніх пасовищ та акцентом на ширше використання кормів місцевого виробництва [24].

Наприклад, Регламент Комісії ЄС № 889/2008 про органічне виробництво передбачає, що курка має мати доступ до свіжого повітря, денного світла та відкритого простору площею не менше 4 м^2 бігового простору. Правила годівлі суворі: щонайменше 20 % корму повинно вироблятися на місцевому або регіональному рівні. Зерно, яке використовується, не повинно містити ГМО, а правила використання пестицидів і добрив дуже суворі [32]. На сьогодні майже 10 % птиці, вирощеної в ЄС, припадає на такі менш інтенсивні або екстенсивні виробничі системи з постійним зростанням понад 12 % на рік [31].

За правильного ведення такі екстенсивні виробничі системи можуть підвищити стійкість за рахунок інтеграції птахівництва в сільськогосподарську систему, використовуючи корми місцевого виробництва та кращого використання обмежених територій. Однак для того, щоб система була стійкою, необхідно враховувати всі аспекти, щоб система вважалася життєздатною: екологічні (такі як забруднення, управління ресурсами, різноманітність порід), економічні (попит, доступність, птиця як основний продукт харчування), соціальні (промислове сільське господарство, права працівників, добробут тварин) та інституційні (регулювання, управління) [81].

Оцінюючи темпи розвитку органічної продукції птахівництва в Україні, треба відзначити, що Україна, поступово рухаючись до стандартів ЄС, у 2018 році прийняла Закон «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції», згідно з яким, додатковими вимогами до органічного птахівництва є: заборона утримання домашньої птиці у клітках; забезпечення доступу водоплавних птахів до струмків, ставків, озер або басейнів у порядку та обсягах, визначених законодавством; утримання домашньої птиці у спеціально облаштованих приміщеннях; забезпечення обов'язкового доступу до відкритих майданчиків не менше, ніж протягом однієї третини життя птиці;

запобігання використанню методів інтенсивного вирощування домашньої птиці або для швидко зростаючих штамів – застосування мінімального віку забою, визначеного законодавством [18]. В подальшому Постановою КМ України у 2019 році було затверджено «Порядок (детальні правила) органічного виробництва та обігу органічної продукції», згідно з якими більш докладно наведено вимоги та правила щодо виробництва органічної продукції у державі. Після детального аналізу правил Закону України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції», можна зробити висновки про те, що перехід на безкліткове утримання птиці «з використанням обмеженого вигулу» та «утримання на пасовищах» технологічно можна розглядати як галузь, що виробляє органічну продукцію, але щодо форм господарювання виникає багато питань. По-перше, не виникає сумнівів, що в разі вирощування та утримання птиці у приватних господарствах «з використанням обмеженого вигулу» або «утриманням на пасовищах» сільським населенням виробляється органічна продукція, яка відповідає критеріям органічної, зокрема отримана від птиці, більш пристосованої до природніх умов утримання, годівлі її органічними компонентами раціону, а також за відсутності методів інтенсивного вирощування. Таку продукцію зазвичай використовують для сімейного споживання, а її надлишки в незначній кількості реалізовують на продуктових ринках. Враховуючи наведені вище правила, для набуття статусу «Органічна продукція» і продажу її для ведення бізнесу необхідною умовою є офіційне отримання сертифікату на продукцію, здійснення документального обліку всіх операцій щодо вирощування та утримання птиці з метою підтвердження сертифікації органічної продукції. Виникає питання щодо останнього пункту правил закону, де наведено виключення: «Такі вимоги нестосуються випадків, коли птиця не вирощується партіями, не утримується в приміщеннях і вільно ходить протягом дня». Тобто, якщо не займатися вирощуванням птиці для отримання органічної продукції з бізнесових інтересів, а утримувати її для себе у приватних сімейних господарствах, то таку продукцію можна прийняти як органічну, але не підтверджену на законодавчому рівні (безсертифікатною) [56].

Висновки. Отже, з'ясовано, що «офіційне» виробництво екологічно чистої продукції не може бути забезпечене як великими агрохолдингами, які використовують методи інтенсивного вирощування, так і приватними підсобними господарствами, які не мають відповідного сертифікату на цей вид продукції. Таким чином, одним із напрямів підвищення конкурентоспроможності на ринку органічної сільськогосподарської продукції можуть бути тільки фермерські господарства, діяльність яких підтверджено сертифікатом. При цьому процес виробництва контролюється професіоналами з органів сертифікації, які щороку здійснюють пересертифікацію кожного такого птахівничого господарства. На жаль, реальна пропозиція сертифікованих органічних курячих яєць в Україні все ще дуже обмежена.

Враховуючи, що виробництво органічної продукції здійснюється на невеликих фермах і вимагає значних додаткових витрат, пов'язаних з використанням органічних кормів, ручної праці по догляду за птицею, її годівлі, збору яєць і т. ін., вартість такої продукції є значно вищою за продукцію промислових підприємств. Так, в Канаді вартість органічних яєць становить в середньому 6,98 дол. за дюжину, тимчасом як звичайні яйця коштують 3,23 дол. за дюжину. Такі органічні яйця за рахунок кормів органічного походження мають більший уміст вітамінів D, E, омега-3 і дещо більше білка [78].

При виробництві продукції птахівництва, незалежно від умов утримання птиці, спостерігається однаковий негативний вплив на навколишнє середовище, а саме – забруднення ґрунту, повітря та води, що може бути наслідком захворювання населення. Під час виробництва органічної продукції обов'язковим є дотримання санітарно-ветеринарних вимог, які чітко діють у промисловому птахівництві. Аналізуючи літературні джерела останніх років, треба відзначити, що виробництво органічної продукції птахівництва не повною мірою відповідає наведеним вище критеріям. Враховуючи відмінності в утриманні і вирощуванні птиці у промислових пташниках і за вигульними та пасовищними системами утримання, можна зробити висновок, що в умовах навколишнього середовища виникає ряд проблем, які ускладнюють процес управління технологією виробництва органічної продукції. Благополуччя та продуктивність птиці на вільному вигулі по-перше, залежить від пори року, віку птиці і різних погодних умов (температура, дощ, сонце, вітер) [54]. Тобто, послід, викиди повітря, пилу здійснюються неконтрольованим природним шляхом, потрапляючи в навколишнє середовище та водойми, що прилягають до ферм органічного птахівництва. Якщо такі ферми мають порівняно невелике поголів'я, негативний вплив на навколишнє природне середовище та людей є не незначним. Якщо фермерське

господарство налічує, наприклад, понад 1 тис. голів гусей або качок, негативний вплив від запахів, забруднення ґрунту та водойм буде більш відчутним. Іншою серйозною проблемою органічного птахівництва є підвищена смертність поголів'я, яка може бути результатом багатьох факторів: хижацтва, контакту з дикою природою, а також паразитарних вторгнень, що суттєво впливає як з економічної, так і екологічної точок зору [58, 74].

Суттєвим недоліком під час виробництва органічної продукції є захворювання птиці, спричинені патогенами, паразитами, вірусними та інфекційними хворобами, які присутні в навколишньому середовищі. Такий вплив може призвести до згубних наслідків, таких як мікробіологічне забруднення яєць через більш тривалий період контакту з куркою, підстилкою і фекаліями вільного вигулу, що призводить до збільшення кількості Enterobacteria на яєчній шкаралупі [58, 65, 84].

Іншою проблемою під час виробництва органічної продукції птахівництва, а також основною проблемою птахівництва у світі є кокцидії, які розвиваються у вологих середовищах від 20 до 25° С. Кокцидіоз спричиняється кишковими одноклітинними паразитами і існує прецедент потенційного впливу кишкових паразитів як на птицю, так і на людей [1,13].

Отже, якщо прийняти як позитивний напрям розвитку галузі органічного птахівництва щодо заборони використання антибіотиків, застосування в годівлі птиці органічних кормів та повернення до умов екстенсивного природнього утримання, то питання, які стосуються екологічної безпеки за таких умов, є більш неконтрольованими. Порівняно з відходами промислового птахівництва, які можна і необхідно завчасно утилізувати, за органічного птахівництва цей процес порушується втручанням природних умов (дощ, вітер, температура) і так само сприяє забрудненню навколишнього середовища. І тому шлях до повернення екстенсивного птахівництва, з точки зору екологічної безпеки навколишнього середовища, може бути більш неконтрольованим.

REFERENCES

1. Acharya, K., Acharya, N. (2017). Alternatives to fight against coccidiosis: A review. Nepalese Vet. J., 34, pp. 152–167. DOI:10.3126/nvj. v34i0.22918 (c.153).

2. Akhtar, U. S., Rastogi, N., McWhinney, R. D., Urch, B., Chow, C.-W., Evans, G. J., Scott, J. A. (2014). The combined effects of physicochemical properties of size-fractionated ambient particulate matter on in vitro toxicity in human A549 lung epithelial cells. Toxicol. Rep. 1, pp. 145–156. DOI:10.1016/j. toxrep.2014.05.002.

3. Anderson, K., Moore, P. A., Martin, J., Ashworth, A.J. (2021). Evaluation of a novel poultry litter amendment on greenhouse gas emissions. Atmosphere, 12, 563 p. DOI:10.3390/atmos12050563.

4. Antonious, G. F. (2018). Biochar and animal manure impact on soil, crop yield and quality. In: Aladjadjiyan, A. (Ed.), Agricultural Waste And Residues. InTech, London, UK.

5. Augustyńska-Prejsnar, A., Ormian, M., Sokołowicz, Z., Topczewska, J., Lechowska, J. (2018). Environmental impacts of pig and poultry farms (in Polish). Proc. ECOpole, 12, pp. 107–115. DOI:10.2429/ proc.2018.12(1)011.

6. Awad, A. H. A., Elmorsy, T. H., Tarwater, P. M., Green, C.F., Gibbs, S.G. (2010). Air biocontamination in a variety of agricultural industry environments in Egypt: a pilot study. Aerobiologia, 26, pp. 223–232. DOI:10.1007/s10453-010-9158-y.

7. Bande, F., Arshad, S. S., Omar, A. R., Bejo, M. H., Abubakar, M. S., Abba, Y. (2016). Pathogenesis and diagnostic approaches of avian infectious bronchitis. Adv. Virol. 4621659. DOI:10.1155/2016/4621659.

8. Baskin-Graves, L., Mullen, H., Aber, A., Sinisterra, J., Ayub, K., Amaya-Fuentes, R., Wilson, S. (2019). Rapid health impact assessment of a proposed poultry processing plant in Millsboro, Delaware. Int. J. Environ. Res. Public Health, 16, 3429 p. DOI:10.3390/ ijerph16183429.

9. Biennial report on world food markets, June 2022 - Food Outlook. Available at:https://reliefweb.int/ reort/world/food-outlook-biannual-report-global-food-markets -june-2022?gclid=Cj0KCQiAjbagBhD3ARIsANRrqEuWxsWPW5f7D_ccK5GJWq J625MVTDZ-Km21NzSgzumLYJsf Qdb64cEaAiuc EALw wcB.

10. Bijay, S., Craswell, E. (2021). Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. SN Appl. Sci., 3, 518 p. DOI:10.1007/s42452-021-04521-8.

11. Biogas and biomethane should replace natural gas imports - President of MHP Eco Energy. Available at:https://interfax.com.ua/ news/greendeal/ 768550. html. (in Ukrainian).

12. Blaak, H., Van Hoek, A. H. A. M., Hamidjaja, R. A., Van der Plaats, R. Q. J., Kerkhof-de Heer, L., De Roda Husman, A. M., Schets, F. M. (2015). Distribution, numbers, and diversity of ESBL-producing E. coli in the poultry farm environment. PLoS One, 10 p. DOI:10.1371/journal.pone.0135402 e0135402-e0135402.

13. Blake, D. P., Clark E. L., Macdonald S. E., Thenmozhi V., Kundu K., Garg R., Jatau I. D., Ayoade S., Kawahara F., and Moftah A.. (2015). Population, genetic, and antigenic diversity of the apicomplexan Eimeria tenella and their relevance to vaccine development. Proc. Natl. Acad. Sci., 112, pp. 5343–5350. DOI:10.1073/ pnas.1506468112.

14. Blanes-Vidal, V., Bælum, J., Schwartz, J., Løfstrøm, P., Christensen, L.P. (2014). Respiratory and sensory irritation symptoms among residents exposed to low-to-moderate air pollution from biodegradable wastes. J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol., 24, pp. 388–397. DOI:10.1038/jes.2014.20.

15. Bródka, K., Kozajda, A., Buczyńska, A., Szadkowska-Stańczyk, I. (2012). The variability of bacterial aerosol in poultry houses depending on selected factors. Int. J. Occup. Med. Environ. Health, 25, pp. 281–293. DOI:10.2478/s13382-012-0032-8.

16. Cabañes, F. J. (2021). Aspergillosis, poultry farming and antifungal resistance. Rev. Iberoam. Micol. 38, pp. 109–110. DOI:10.1016/j.riam.2020.03.004.

17. Countries leading in egg production in the world in 2021. Available at:https://www.statista.com/statistics/263972/egg-production-worldwide-since-1990/#:~:text=The%20production%20volume%20of%20eggs,increased% 20by%20over % 20100%20percent.

18. Conventional and organic eggs of big brands. Available at: marketplace-egg-test-1.5971608.

19. CDDEP. (2021). The State of the World's Antibiotics 2021 - A Global Analysis of Antimicrobial Resistance And Its Drivers Washington DC, USA.

20. Cesoniene, L., Dapkiene, M., Sileikiene, D. (2019). The impact of livestock farming activity on the quality of surface water. Environ. Sci. Pollut. Res. 26, pp. 32678–32686. DOI:10.1007/s11356-018-3694-3.

21. Charuaud, L., Jardé, E., Jaffrézic, A., Liotaud, M., Goyat, Q., Mercier, F., Le Bot, B. (2019). Veterinary pharmaceutical residues in water resources and tap water in an intensive husbandry area in France. Sci. Total Environ. 664, pp. 605–615. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.01.303.

22. Chinivasagam, H. N., Tran, T., Maddock, L., Gale, A., Blackall, P. J. (2009). Mechanically ventilated broiler sheds: a possible source of aerosolized Salmonella, Campylobacter, and Escherichia coli. Appl. Environ. Microbiol. 75, pp. 7417–7425. DOI:10.1128/aem.01380-09.

23. Dai, P., Shen, D., Tang, Q., Huang, K., Li, C. (2020). PM2.5 from a broiler breeding production system: the characteristics and microbial community analysis. Environ. Pollut. 256, 113368 p. DOI:10.1016/j.envpol.2019.113368.

24. Del Bosco, A., Mattioli, S., Cartoni-Mancinelli, A., Cotozzolo, E., Castellini, C. (2021). Extensive rearing systems in poultry production: the right chicken for the right farming system. A review of twenty years of scientific research in Perugia University, Italy. Animals, 11 p. DOI:10.3390/ani11051281.

25. De Rooij, M. M. T., Hoek, G., Schmitt, H., Janse, I., Swart, A., Maassen, C.B.M., Schalk, M., Heederik, D.J.J., Wouters, I.M. (2019a). Insights into livestock-related microbial concentrations in air at residential level in a livestock dense area. Environ. Sci. Technol. 53, pp. 7746–7758. DOI:10.1021/acs.est.8b07029.

26. De Rooij, M. M. T., Smit, L. A. M., Erbrink, H. J., Hagenaars, T.J., Hoek, G., Ogink, N. W. M., Winkeld, A., Heederik, D. J. J., Wouters, I. M. (2019b). Endotoxin and particulate matter emitted by livestock farms and respiratory health effects in neighboring residents. Environ. Int. 132, 105009 p. DOI:10.1016/j.envint.2019. 105009.

27. De Vries, M., De Boer, I. J. M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: a review of life cycle assessments. Livest. Sci. 128, pp. 1–11. 2009.11.007.

28. Dunlop, M. W., Blackall, P. J., Stuetz, R. M. (2016). Odour emissions from poultry litter – a review litter properties, odour formation and odorant emissions from porous materials. J. Environ. Manag., 177, pp. 306–319. DOI:10.1016/j.jenvman. 2016.04.009.

29. Dróżdż, D., Wystalska, K., Malińska, K., Grosser, A., Grobelak, A., Kacprzak, M. (2020). Management of poultry manure in Poland – current state and future perspectives. J. Environ. Manag., 264, 110327 p. DOI:10.1016/j.jenvman. 2020.110327.

30. EMA, 2021b. Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2019 and 2020 - trends from 2010 to 2020. DOI:10.2809/636389.

31. EPRS (2019). The EU Poultry Meat And Egg Sector: Main Features, Challenges And Prospects: In-depth Analysis. European Parliamentary Research Service, Brussels, Belgium.

32. EC. (2008). Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control. Available at:http://data.europa.eu/eli/reg/ 2008/889/oj.

33. EC. (2009). Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 (Animal by-products Regulation). Available at: 2009/1069/oj.

34. Environmental safety as an important principle of Mironivska Poultry Farm. Available at:https://dzvin.media/news/ekologichna-bezpeka-yak-vazhliviy-prin-tsip-roboti-mironivskoyi-ptahofabriki/. (in Ukrainian).

35. FAO. (2022). Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets. Rome, Italy. DOI:10.4060/cb9427en.

36. Fertilizers: types and features of organic and mineral fertilizers. Available at:https://bizontech.ua/blog/fertilizers-features-of-application-organic-mineral. (in Ukrainian).

37. Friese, A., Schulz, J., Zimmermann, K., Tenhagen, B.A., Fetsch, A., Hartung, J., Rösler, U. (2013). Occurrence of livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus in Turkey and broiler barns and contamination of air and soil surfaces in theirvicinity. Appl. Environ. Microbiol., 79, pp. 2759–2766. DOI:10.1128/AEM.03939-12.

38. Germanwatch. (2020). Chicken Meat Tested for Resistance to Critically Important Antimicrobials for Human Medicine Washington DC, USA.

39. Guo, L., Zhao, B., Jia, Y., He, F., Chen,W. (2022). Mitigation strategies of air pollutants for mechanical ventilated livestock and poultry housing - a review. Atmosphere, 13, 452 p. DOI:10.3390/atmos13030452.

40. Gladding, T. L., Rolph, C. A., Gwyther, C. L., Kinnersley, R., Walsh, K., Tyrrel, S. (2020). Concentration and composition of bioaerosol emissions from intensive farms: pig and poultry livestock. J. Environ. Manag., 272, 111052 p. DOI:10.1016/j.jenvman.2020.111052.

41. Górny, R. L. (2020b). Szkodliwe czynniki biologiczne (in Polish). In: M. J., P. (Ed.), Czynniki szkodliwe w środowisku pracy - wartości dopuszczalne, 12. Ed Wydawnictwo Centralnego Instytutu Ochrony Pracy-PIB, Warsaw, Poland, pp. 157–168.

42. Graham, J. P., Evans, S. L., Price, L. B., Silbergeld, E. K. (2009). Fate of antimicrobial-resistant enterococci and staphylococci and resistance determinants in stored poultry litter. Environ. Res. 109, pp. 682–689. DOI:10.1016/j.envres.2009. 05.005.

43. Hardin, B. D., Kelman, B. J., Saxon, A. (2003). Adverse human health effects associated with molds in the indoor environment. J. Occup. Environ. Med., 45, pp. 470–478. DOI:10.1097/00043764-200305000-00006.

44. Hoover, N. L., Law, J. Y., Long, L. A. M., Kanwar, R. S., Soupir, M. L. (2019). Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue. J. Environ. Manag., 252, 109582 p. DOI:10.1016/j.jenvman.2019.109582.

45. Jammoul, A., El Darra, N. (2019). Evaluation of antibiotics residues in chicken meat samples in Lebanon. Antibiotics, 8, 69 p. DOI:10.3390/ antibiotics8020 069.

46. Kaygisiz, F., Bilge, A. B., Bulut, D. (2019). Determining Factors Affecting Consumers Decision to Purchase Organic Chicken Meat. Brazilian Journal of Poultry Science, Vol. 21, no. 4, pp. 1–8. DOI:10.1590/1806-9061-2019-1060.

47. Kouimintzis, D., Chatzis, C., Linos, A. (2007). Health effects of livestock farming in Europe. J. Public Health, 15, pp. 245–254. DOI:10.1007/s10389-007-0130-4.

48. Kreidenweis, U., Breier, J., Herrmann, C., Libra, J., Prochnow, A. (2021). Greenhouse gas emissions from broiler manure treatment options are lowest in well-managed biogas production. J. Clean. Prod., 280, 124969 p. DOI:10.1016/j.jclepro. 2020.124969.

49. Kyakuwaire, M., Olupot, G., Amoding, A., Peter, N.-K., Basamba, T.A. (2019). How safe is chicken litter for land application as an organic fertilizer? A review. Int. J. Environ. Res. Public Health, 16 p. DOI:10.3390/ijerph16193521.

50. Li, J., Chen, Q., Li, H., Li, S., Liu, Y., Yang, L., Han, X. (2020). Impacts of different sources of animal manures on dissemination of human pathogenic bacteria in agricultural soils. Environ. Pollut. 266, 115399 p. DOI:10.1016/j.envpol.2020. 115399.

51. Mulder, A.C., Franz, E., de Rijk, S., Versluis, M.A.J., Coipan, C., Buij, R., Müskens, G., Koene, M., Pijnacker, R., Duim, B., Bloois, L.v.d.G.-V., Veldman, K., Wagenaar, J.A., Zomer, A.L., Schets, F.M., Blaak, H., Mughini-Gras, L. (2020). Tracing the animal sources of surface water contamination with Campylobacter jejuni and Campylobacter coli. Water Res. 187, 116421 p. DOI:10.1016/j.watres.2020.116 421.

52. Mottet, A., Tempio, G. (2017). Global poultry production: current state and future outlook and challenges. World's Poul. Sci. J., 73, pp. 245–256. DOI:10.1017/ S0043933917000071.

53. Naseem, S., King, A.J. (2018). Ammonia production in poultry houses can affect health of humans, birds, and the environment—techniques for its reduction during poultry production. Environ. Sci. Pollut. Res. 25, pp. 15269–15293. DOI:10. 1007/s11356-018-2018-y.

54. Nordquist, R. E., Van der Staay F. J., Van Eerdenburg F. J., Velkers F. C., Fijn L., Arndt, S. S. (2017). Mutilating procedures, management practices, and housing conditions that may affect the welfare of farm animals: implications for welfare research. Animals, 7, 12 p. DOI:10.3390/ani7020012.

55. Nowak, A., Matusiak, K., Borowski, S., Bakuła, T., Opaliński, S., Kołacz, R., Gutarowska, B. (2016). Cytotoxicity of odorous compounds frompoultry manure. Int. J. Environ. Res. Public Health, 13, 1046 p. DOI:10.3390/ijerph13111046.

56. On approval of the Procedure (detailed rules) for organic production and circulation of organic products. Available at:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/970-2019-%D0%BF#Text. (in Ukrainian)

57. Ortúzar, M., Esterhuizen, M., Olicón-Hernández, D.R., González-López, J., Aranda, E. (2022). Pharmaceutical pollution in aquatic environments: a concise review of environmental impacts and bioremediation systems. Front. Microbiol. 13 p. .2022.869332.

58. Parisi, M., J. Northcutt, D. Smith, E. Steinberg, and P. Dawson. (2015). Microbiological contamination of shell eggs produced in conventional and free-range housing systems. Food Control. 47. pp. 161–165. DOI:10.1016/j.foodcont.2014. 06.038.

59. Paudel, S., Fink, D., Abdelhamid, M. K., Zöggeler, A., Liebhart, D., Hess, M., Hess, C. (2021). Aerosol is the optimal route of respiratory tract infection to induce pathological lesions of colibacillosis by a lux-tagged avian pathogenic Escherichia coli in chickens. Avian Pathol. 50, pp. 417–426. DOI:10.1080/0307 9457.2021.1978392.

60. Paul, V., Vattikuti, S., Dash, P., Arslan, Z. (2021). Evaluating hydrogeochemical characteristics of groundwater and surface water in the Upper Pearl River Watershed, USA. Environ. Monit. Assess. 193, 296 p. DOI:10.1007/ s10661-021-09045-7.

61. Parente, C. E. T., Oliveira da Silva, E., Sales Júnior, S. F., Hauser-Davis, R.A., Malm, O., Correia, F.V., Saggioro, E. M. (2021). Fluoroquinolone-contaminated poultry litter strongly affects earthworms as verified through lethal and sub-lethal evaluations. Ecotoxicol. Environ. Saf. 207, 111305 p. DOI:10.1016/j. ecoenv.2020.111305.

62. Plewa, K., Lonc, E. (2011). Analysis of airborne contamination with bacteria and moulds in poultry farming: a case study. Pol. J. Environ. Stud., 20, pp. 725–731.

63. Pohl, H. R., Citra, M., Abadin, H. A., Szadkowska-Stańczyk, I., Kozajda, A., Ingerman, L., Nguyen, A., Murray, H. E. (2017). Modeling emissions from CAFO poultry farms in Poland and evaluating potential risk to surrounding populations. Regul. Toxicol. Pharmacol. 84, pp. 18–25. DOI:10.1016/j.yrtph.2016.11.005.

64. Rayne, N., Aula, L. (2020). Livestock manure and the impacts on soil health: a review. Soil Syst. 4, 64 p. DOI:10.3390/soilsystems4040064.

65. Ricke, S. C., M. Rothrock, Jr. J. (2020). Gastrointestinal microbiomes of broilers and layer hens in alternative production systems. Poult. Sci. 99, pp. 660–669. DOI:10.1016/j.psj.2019.12.017.

66. Ritz, C. W., Merka, W. C. (2013). Maximizing Poultry Manure Use Through Nutrient Management Planning. Bulletin 1245. The University of Georgia and Fort Valley State University.

67. Rylander, R., Carvalheiro, M. F. (2006). Airways inflammation among workers in poultry houses. Int. Arch. Occup. Environ. Health. 79, pp. 487–490. s00420-005-0072-5.

68. Rzeźnik,W., Mielcarek-Bocheńska, P., 2022. Odour emissions from livestock buildings. Atmosphere. 13, 254 p. DOI:10.3390/atmos13020254.

69. Saharan, V. V., Verma, P., Singh, A. P. (2020). High prevalence of antimicrobial resistance in Escherichia coli, Salmonella spp. and Staphylococcus aureus isolated from fish samples in India. Aquac. Res. 51, pp. 1200–1210. DOI:10.1111/are.14471.

70. Sanseverino, I., Navarro Cuenca, A., Loos, R., Marinov, D., Lettieri, T. (2018). State of the art on the contribution of water to antimicrobial resistance. Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI:10.2760/82376.

71. Sengeløv, G., Halling-Sørensen, B., Aarestrup, F.M. (2003). Susceptibility of Escherichia coli and Enterococcus faecium isolated from pigs and broiler chickens to tetracycline degradation products and distribution of tetracycline resistance determinants in E. coli from food animals. Vet. Microbiol. 95, pp. 91–101. DOI:10.1016/S0378-1135(03)00123-8.

72. Shen, D., Wu, S., Dai, P.-Y., Li, Y.-S., Li, C.-M. (2018). Distribution of particulate matter and ammonia and physicochemical properties of fine particulate matter in a layer house. Poult. Sci. 97, pp. 4137–4149. DOI:10.3382/ps/pey285.

73. Sim, W.-J., Lee, J.-W., Lee, E.-S., Shin, S.-K., Hwang, S.-R., Oh, J.-E. (2011). Occurrence and distribution of pharmaceuticals in wastewater from households, livestock farms, hospitals and pharmaceutical manufactures. Chemosphere. 82, pp. 179–186. DOI:10.1016/j.chemosphere.2010.10.026.

74. Singh, M., Cowieson, A. (2013). Range use and pasture consumption in free-range poultry production. Anim. Prod. Sci. 53, pp. 1202–1208. DOI:10.1071/an 13199.

75. Smit, L. A. M., Boender, G. J., de Steenhuijsen Piters, W. A. A., Hagenaars, T. J., Huijskens, E. G. W., Rossen, J. W. A., Koopmans, M., Nodelijk, G., Sanders, E. A. M., Yzermans, J., Bogaert, D., Heederik, D. (2017). Increased risk of pneumonia in residents living near poultry farms: does the upper respiratory tract microbiota play a role? Pneumonia. 9 p. DOI:10.1186/s41479-017-0027-0.

76. State of World Population 2023: 8 Billion Lives, Infinite Possibilities The world's population. Available at:https://reliefweb.int/report/world/state-world-population-2023-8-billion-lives-infinite-possibilities-case-rights-and-choices-enarru

77. Strohmaier, C., Krommweh, M. S., Büscher, W. (2020). Suitability of different filling materials for a biofilter at a broiler fattening facility in terms of ammonia and odour reduction. Atmosphere. 11, 13 p. DOI:10.3390/atmos11010013.

78. The Law of Ukraine on Basic Principles and Requirements for Organic Production, Circulation and Labeling of Organic Products. Available at:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text. (in Ukrainian).

79. The world's population has reached 8 billion people - UN. Available at: https://www.pravda.com.ua/news/2022/11/15/7376404/

80. Uyeki, T. M., Peiris, M. (2019). Novel avian influenza A virus infections of humans. Infect. Dis. Clin. N. Am. 33, pp. 907–932. DOI:10.1016/j.idc.2019.07.003.

81.Vaarst, M., Steenfeldt, S., Horsted, K. (2015). Sustainable development perspectives of poultry production. World 's Poul. Sci. J., 71, pp. 609–620. DOI:10. 1017/S0043933915002433.

82. Vinnytsia poultry farm. Available at:https://latifundist.com/ kompanii/1416-vinnitskaya-ptitsefabrika. (in Ukrainian).

83. Wu, B., Qin, L., Wang, M., Zhou, T., Dong, Y., Chai, T. (2019). The composition of microbial aerosols, PM2.5, and PM10 in a duck house in Shandong province,China. Poult. Sci. 98, pp. 5913–5924. DOI:10.3382/ps/pez365.

84. Wuthijaree, K., Lambertz, C., Vearasilp, T., Anusatsananun, V., Gauly, M. (2019). Prevalence of gastrointestinal helminths in Thai indigenous chickens raised under backyard conditions in Northern Thailand. J. Appl. Poult. Res., 28, pp. 221–229.

85. WHO. (2005). Avian Influenza A (H5N1) infection in humans. N. Engl. J. Med., 353, pp.1374–1385. DOI:10.1056/NEJMra052211.

86. WHO (2020). Cumulative number of confirmed human cases for avian influenza A(H5N1) reported to WHO, 2003-2020. Available at:https://www.who. int/influenza/humananimal_interface/2020_DEC_tableH5N1.pdf?ua=1.

87. WHO (2021). Facts sheets - antimicrobial resistance. Available at:https:// www.who.int/news-room/factsheets/detail/antimicrobial-resistanceGeneva,Switzerla nd.

88. Zorman Rojs, O., Dovč, A., Krapež, U., Žlabravec, Z., Račnik, J., Slavec, B. (2021). Detection of laryngotracheitis virus in poultry flocks with respiratory disorders in Slovenia. Viruses. 13, 707 p.

Environmental problems of industrial and organic poultry farming

Karkach P., Mashkin Y., Fesenko V.

Poultry farming, using modern intensive farming methods, is one of the most efficient livestock industries that ensures food security for a large part of the world's population. In the context of industrial poultry farming, the largest share of global production (up to 98 % of meat and 92 % of eggs) is accounted for by broiler chickens (to a lesser extent, turkeys, ducks, geese, etc.), as well as by food eggs obtained from modern egg crosses of chickens. The global poultry production is estimated at 137.8 million tons and

86.3 million metric tons of eggs in 2021, with steady growth every year. Taking into account the wishes of consumers, European countries are increasingly switching to the production of organic poultry products, believing that this way they can best meet consumer requirements based on three main dimensions of quality assessment: 1) the safety of poultry housing; 2) the safety of organic products for human health; 3) the safety of organic production for the environment. Improvement of poultry housing conditions is aimed at using extensive production systems, such as organic systems, free-range systems with lower stocking densities. Such systems are becoming increasingly popular, especially in the European Union, and are aimed at improving farming conditions and poultry welfare, reducing environmental impact and increasing the sustainability of the industry. However, both intensive farming methods in industrial and organic poultry production lead to significant impacts on human health and the environment. Wastes such as poultry manure and used litter are associated with ammonia, nitrogen oxide and methane emissions that contribute to global greenhouse gas emissions and pose a serious threat to the environment and human health. Poultry waste can contain pesticide residues, pathogens, pharmaceuticals (antibiotics), hormones, metals, macronutrients (in the wrong proportions) and other pollutants that can lead to air, soil and water pollution, as well as the formation of multidrug-resistant strains. The analysis shows that industrial poultry farming can be more controlled than organic farming in terms of environmental safety.

Key words: industrial and organic poultry farming, environmental conditions, environmental safety, air, soil, water pollution, pollutants.

Copyright: Каркач П.М., Машкін Ю.О., Фесенко В.Ф. © 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:
Каркач П.М. https://orcid.org/0000-0003-3315-3508

ЕКОЛОГІЯ

УДК 619:614.48

Порівняльна характеристика дезінфекційних засобів для молочного устаткування та якості молочної продукції за впливу паратипових факторів навколишнього середовища

Гришко В.А., **Андрійчук А.В.**, **Зоценко В.М.**, **Островський Д.М.**, **Бондаренко Л.В.**, **Балацький Ю.О.**, **Малина В.В.**, **Федорченко М.М.**

Білоцерківський національний аграрний університет

vetalgwa44@gmail.com

OPEN ACCESS

Гришко В.А., Андрійчук А.В., Зоценко В.М., Островський Д.М., Бондаренко Л.В., Балацький Ю.О., Малина В.В., Федорченко М.М. Порівняльна характеристика дезінфекційних засобів для молочного устаткування та якості молочної продукції за впливу паратипових факторів навколишнього середовища. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 159–167.

Gryshko V., Andriychuk A., Zotsenko V., Ostrovskiy D., Bondarenko L., Balatsky Y., Malyna V., Fedorchenko M. Comparative characteristics of disinfectants for dairy equipment and quality of dairy products under the influence of paratypical environmental factors. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 159–167.

Рукопис отримано: 07.05.2023 р.
Прийнято: 24.05.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-159-167

Досліджено параметри мікроклімату корівника за безприв'язного способу утримання корів у весняний період. Встановлено, що температурний режим у корівнику становив у середньому 8,8±1,34° С, відносна вологість і швидкість руху повітря в порівнюваних приміщеннях перебувала в межах гігієнічних норм. Мікробіологічні показники бактеріального забруднення повітря відповідають верхнім показникам гігієнічних норм та становлять 116,64±6,32 КУО в 1 м^3. Бактеріальне забруднення технологічного обладнання в середньому становило 119,33±14,71 тис. КУО/м^3. Вміст шкідливих газів у приміщенні не перевищував допустимих санітарно-гігієнічних норм та знаходився в межах нормативів ВНТП-АПК-01.05. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). Середній показник кількості МАФАнМ у змивах з об'єктів дослідження (дійкова гума, колектор, молочний шланг, молокопровід) після промивання водою становив 368,4±9,8 тис. КУО/см^3, а 0,5 % розчином кальцинованої соди – 249,0±11,7 тис. КУО/см^3. Вищий рівень мікробіологічної чистоти внутрішніх поверхонь молочного обладнання забезпечувала санітарна обробка за використання дезінфікувального засобу «Perfo Grif», при цьому кількість МАФАнМ у змивах у середньому становила 139,7±7,0 тис. КУО/см^3. Найкращі показники мікробіологічної чистоти молочного обладнання отримано за санітарної обробки 0,5 % розчином «Higienic-K». Середня кількість МАФАнМ при цьому становила 126,2±1,5 тис. КУО/см^3. У разі використання для саноброблки молочного обладнання розчину кальцинованої соди кількість МАФАнМ у свіжовидоєному молоці, яке було відібране з охолоджувача, становила 198,3±12,16 тис. КУО/см^3, що відповідає першому ґатунку, згідно з ДСТУ 3362:2018 «Молоко-сировина коров'яче». Технічні умови. Водночас під час саноброблки обладнання кислотними мийно-дезінфікувальними засобами «Perfo Grif» і «Higienic-K» кількість МАФАнМ молока становила, відповідно, 114±8,14 і 102,0±16,3 тис. КУО/см^3, що відповідає вищому ґатунку. Титр БГКП при цьому становив понад 1,0, а кількість соматичних клітин (КСК) була в межах допустимої норми (400 тис./мл). Отже, для ефективної санітарно-гігієнічної обробки доїльного устаткування робочі розчини дезінфектантів на основі пероцтової, азотної та фосфорної кислот повинні містити 0,5 % діючої речовини, що забезпечить знищення мікроорганізмів за експозиції 5–15 хв.

Ключові слова: молочне устаткування, молочна продукція, дезінфекція, гігієна виробництва молока, мікробіологічні показники молока, технологія виробництва молока, якість молока.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Виробництву якісної молочної сировини приділяється завжди велика увага як з боку споживачів, так і переробників. Для задоволення потреб обох сторін необхідно мати сировину високої якості. Вирішення існуючих проблем можливе лише шляхом удосконалення сучасних методів і засобів контролю санітарно-гігієнічних, дезінфекційних заходів, які забезпечують комфортні умови утримання дійного стада. Порушення добробуту тварин, умов їх утримання негативно впливають на процес отримання молока, що в кінцевому результаті створює проблеми під час його зберігання і переробки: накопичуються патогенна мікрофлора і токсичні метаболіти, які несуть потенційну загрозу виникнення харчових токсикоінфекцій у споживачів [20].

Зберегти первинні властивості молока та знизити його мікробне обсіменіння можна завдяки дотриманню правил доїння й первинної обробки молока. Технологічне обладнання (доїльне та холодильне), тара та інвентар можуть бути одним із шляхів обсіменіння мікроорганізмами молока і молочних продуктів. Під час доїння, первинної обробки чи переробки молока обладнання забруднюється. В основному це – жири та білки. Будучи живильним середовищем для мікроорганізмів, забруднене обладнання може стати джерелом розмноження шкідливих мікроорганізмів, що, своєю чергою, призводить до швидкого псування продуктів у процесі їх зберігання. Для того, щоб уникнути бактеріального забруднення, слід ретельно мити, а потім дезінфікувати все обладнання. Тільки суворе дотримання санітарної гігієни, застосування раціональних технологічних режимів миття та дезінфекції обладнання, використання сучасних мийних та дезінфікувальних засобів є запорукою якісного виробництва молочних продуктів.

Молочна продукція, що реалізується, повинна бути корисною для споживачів, мати високі смакові властивості та бути безпечною. Під безпечністю розуміють відсутність шкідливих хімічних і біологічних домішок, а саме: патогенних мікроорганізмів та токсичних продуктів їх життєдіяльності, а мікробіологічну стійкість розуміють як потенційну можливість тривалого зберігання продукту без псування [11].

Дезінфікувальні засоби повинні мати швидку і ефективну дію щодо широкого спектру мікроорганізмів на доїльному устаткуванні; у разі тривалого застосування не повинні викликати стійкості у мікроорганізмів; не бути токсичними, легко і повністю змиватися. Нині велику увагу приділяють вивченню питання щодо здатності бактерій набувати резистентності до дезінфектантів, і тому потребує періодичного моніторингу їх на предмет чутливості [9].

На бактеріальне забруднення молока впливають такі фактори: якість води – 5 %, чистота приміщення – 10 %, якість обробки вимені – 10 %, швидкість охолодження молока – 35 %, санітарний стан доїльного та молочного обладнання – 35 %, інше – 5 %. Особливу увагу звертають на якість повітря як одного з основних шляхів забруднення молочних ферм. Пил та мікроорганізми, мігруючи повітрям, осідають на огороджувальних конструкціях, тілі тварин та доїльному обладнанні і, в кінцевому результаті, контамінують молоко [10].

Найбільшою проблемою є миття та дезінфекція внутрішніх поверхонь через їхню важкодоступність. Забруднення молочними залишками доїльного обладнання має певні особливості, які визначають специфіку санітарної обробки [12, 13].

Санітарна обробка технологічного обладнання є невід'ємною складовою технологічного процесу під час виробництва харчових продуктів. За безперервної роботи доїльного обладнання його санітарну обробку потрібно проводити одразу після закінчення робочого циклу, що визначено спеціальними інструкціями правил експлуатації та обслуговування обладнання [12].

Ефективність санітарної обробки доїльного устаткування залежить від багатьох факторів, таких як: склад засобу, його концентрація, температура робочого розчину, тривалість процедури миття, температура обладнання та оточуючого середовища, ступінь забруднення та використання механічної дії, твердість води, мікроструктура поверхні, діаметр труб, взаємодія хімічних засобів з поверхнею, метод використання засобів, швидкість руху засобів та їх здатність боротися з мікроорганізмами, які утворюються в біоплівці [8].

Найдешевшою і найпоширенішою дезінфікувальною речовиною, яку широко використовують в Україні та за її межами під час дезінфекції як доїльного, так і молочного обладнання, є розчин кальцинованої соди [1].

За документами Європейського Союзу та Державним стандартом України (ДСТУ 3662:2018), молоко, яке транспортують на молочні заводи, має відповідати вимогам екстра-ґатунку за показниками якості, а кількість МАФАнМ у ньому не повинна перевищувати 100 000 мікробних клітин на 1 см^3 [2]. Тому для отримання такого якісного молока в господарстві необхідно, щоб кількість МАФАнМ у свіжовидоєному молоці була менш, як 30 тис. мікробних клітин на 1 см^3, а охолодження після

доїння до температури +4 °С повинно тривати не більш, як 3 години [3, 5, 6] (Elmoslemany et al., 2010; Kukhtyn et al., 2015; Velázquez-Ordoñez et al., 2019). За результатами проведених наукових досліджень Касянчук В.В. (2006), та Vilar M.J. (2016) [4, 7], низьке мікробне число молока до 30 тис. мікробних клітин в 1 см^3 можна забезпечити лише тоді, коли кількість мікробів у змивах із доїльного обладнання та молочного інвентаря не буде перевищувати 500 клітин в 1 см^3.

Мета дослідження. Метою наших досліджень було вивчити та порівняти ефективність дезінфектантів «Perfo Grif» і «Higienic-K» для отримання безпечного в санітарному розумінні молока.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах науково-навчального дослідного центру Білоцерківського національного аграрного університету (ННДЦ БНАУ). Метою було вивчення впливу параметрів мікроклімату в приміщенні, зокрема бактеріального обсіменіння повітря і технологічного обладнання, на якість дезінфекції доїльного устаткування. Параметри мікроклімату визначали, вивчаючи ефективність кожного дезінфектанту о 6 год ранку, вдень – о 14 год та ввечері – о 20 год після доїння. Визначали середні показники стану мікроклімату. Вивчали температуру і відносну вологість повітря – за використання багатофункціонального вимірювального приладу DT-8820 та кулькового кататермометра, швидкість руху повітря професійним термоанемометром «Peakmetr PM 6252 B», бактеріальне забруднення повітря визначали методом проходження повітря і осадження мікроорганізмів на щільні живильні середовища за використання приладу Ю. А. Кротова. Виділені чисті культури ідентифікували, згідно з видовими особливостями за Берджі [21]. Вміст шкідливих газів (NH_3, H_2S, CO_2) у повітрі тваринницького приміщення визначали мультигазовим детектором «WALCOM MGD-04».

Для санітарної обробки установки доїльної з молокопроводом доїльного залу «Ялинка» використовували дезінфікувальний засіб «Perfo Grif» французької компанії «HYPRED». Його діючою речовиною є пероцтова кислота, яка має бактерицидну та спорицидну дії на мікроорганізми. Виробник рекомендує проводити дезінфекцію доїльного обладнання 0,5 % розчином. З порівняльною метою нами було використано дезінфікувальний засіб «Higienic-K» голландської компанії «FARMA», діючою речовиною якого є азотна і фосфорна кислоти. В концентрації 0,3–0,5 % препарат ефективно видаляє забруднення, молочний камінь і згубно діє на бактерії. Контролем якості дезінфекції слугував 0,5 % розчин кальцинованої соди. Робочі розчини дезінфектантів упродовж 15 хв прокачували через доїльне обладнання за допомогою вакуумної установки [1].

Досліджували якість дезінфекції, порівнюючи їх дезінфікувальні властивості між собою та у порівнянні з 0,5 % розчином кальцинованої соди. Робочі 0,5 % розчини, упродовж 15 хвилин прокачували за допомогою вакуумної установки. Кількість МАФАнМ у змивах і молоці визначали методом, описаним Yakubchak et al., 2005 [14].

Результати дослідження та обговорення. В результаті проведеного моніторингу мікрофлори повітря (рис. 1) були ізольовані в межах 24 % – *St. aureus,* 21 % – *E. coli,* 19 % – *Str. agalactiae,* 10 % – *Ps. aeruginosa.*

Рис. 1. **Результати моніторингу мікрофлори повітря корівника в ННДЦ БНАУ.**

Результатами досліджень встановлено, що в цілому параметри мікроклімату (табл. 1) відповідають нормативам ВНТП-АПК-(01.05), але такі показники, як бактеріальне забруднення повітря, бактеріальне забруднення технічного обладнання, відносна вологість, уміст амоніаку знаходяться біля верхньої межі норми.

Результати досліджень змивів з молочного обладнання наведено в таблиці 2, з яких видно, що використання для санітарної обробки молочного обладнання дезінфікувальних засобів (кальцинованої соди, «Perfo Grif», «Higienic-K») ймовірно (P≤0,05) підвищує мікробіологічну чистоту окремих складових молочного обладнання. Середні показники кількості МАФАнМ у змивах з об'єктів дослідження (дійкова гума, колектор, молочний шланг, молокопровід) після промивання водою становили 368,4±9,8 тис. КУО/см^3, а 0,5 % розчином кальцинованої соди – 249,0±11,7 тис. КУО/см^3. Ще кращий результат мікробіологічної чистоти внутрішніх поверхонь молочного обладнання забезпечувала санітарна обробка за використання дезінфікувального засобу «Perfo Grif», при цьому кількість МАФАнМ у змивах у середньому становила 139,7±7,0 тис. КУО/см^3.

Найвищі показники мікробіологічної чистоти молочного обладнання отримано під час санітарної обробки 0,5 % розчином «Higienic-K». Середня кількість МАФАнМ при цьому становила 126,2±1,5 тис. КУО/см^3.

Таблиця 1 **– Стан параметрів мікроклімату корівника за безприв'язного способу утримання корів у весняний період,** M±m, n=5.

Назва показника	Норматив згідно ВНТП (01.5)	Показник	Відповідність нормам ВНТП (01.5)
Температура повітря у приміщенні, °С	8–10	8,8±1,34	Відповідає
Бактеріальне забруднення повітря, тис. КУО/м^3	70–120	116,64±6,32	Відповідає
Бактеріальне забруднення технологічного обладнання, тис. КУО/м^3	70–120	119,33±14,71	Відповідає
Відносна вологість,%	70–75	72,35±3,37	Відповідає
Вуглекислий газ, %	0,25	0,17±0,08	Відповідає
Сірководень, мг/м^3	10	8,36±1,43	Відповідає
Амоніак, мг/м^3	20,0	17,43±0,36	Відповідає
Швидкість руху повітря, м/с	0,5–1,0	0,68±0,15	Відповідає

Таблиця 2 – **Результати мікробіологічних досліджень змивів з молочного устаткування при використанні різних засобів санобробки,** M±m, n=5.

Засоби, концентрація розчину	Час взяття змиву	Об'єкти досліджень			
		дійкова гума	колектор	молочний шланг	молокопровід
Промивання водою, за температури t 5 °С	до дезінфекції,тис. КУО/см^3	392,2±13,28	378,5±11,66	353,4±7,72	349,5±6,73
Кальц. сода, 0,5 %	після обробки, тис. КУО/см^3	287,4±9,24*	181,3±7,66*	272,4±11,72*	254,7±18,21*
«Perfo Grif», французької компанії «HYPRED» 0,5 %	після обробки, тис. КУО/см^3	159,2±8,29*	120,1±4,73*	141,2±5,79*	138,4±9,11*
«Higienic-K», голландської компанії "FARMA". 0,5 %	після обробки, тис. КУО/см^3	147,3±2,26*	116,3±1,18*	113,6±2,32*	127,4±0,22*

Примітка: *–P≤0,05 – по відношенню до періоду - промивка доїльної установки до дезінфекції.

Результати досліджень, які наведені в табл. 3, показали, що за використання для санобробки молочного обладнання розчину кальцинованої соди кількість МАФАнМ у свіжовидоєному молоці, яке було відібране з охолоджувача, становила 198,3±12,16 тис. КУО/см^3, що відповідає першому ґатунку, згідно з ДСТУ 3362:2018 «Молоко-сировина коров'яче». Технічні умови. Водночас під час санобробки обладнання кислотними мийно-дезинфікувальними засобами «Perfo Grif» і «Higienic-K» кількість МАФАнМ молока становила, відповідно, 114±8,14 і 102,0±16,3 тис. КУО/см^3, що відповідає вищому ґатунку. Титр БГКП при цьому становив понад 1,0, а кількість соматичних клітин (КСК) була в межах допустимої норми (400 тис./мл).

У таблиці 4 наведено результати дослідження бактерицидної ефективності різних концентрацій засобів «Perfo Grif» і «Higienic-K», порівняно із прототипом, яким слугував розчин кальцинованої соди за температури 5 °С.

З отриманих даних видно, що досліджені мийно-дезінфікувальні засоби мали більш виражені бактерицидні властивості порівняно з прототипом. Розчин кальцинованої соди у концентрації 0,5 % і 0,75 % виявив бактерицидну дію за експозиції 15 хв, тимчасом, як «Perfo Grif» і «Higienic-K» в тотожних концентраціях не спричиняли затримки росту *E. coli, St. aureus, Str. agalactiae,* і *P. Aeruginosa*, ізольованих з повітря ферми за експозиції 5 хв.

Отже, для ефективної санітарно-гігієнічної обробки доїльного устаткування робочі розчини дезінфектантів на основі пероцтової, азотної та фосфорної кислот мають містити 0,5 % діючої речовини, що забезпечить знищення мікроорганізмів за експозиції 5–15 хв.

Важливою проблемою безпечності молока є його бактеріальна контамінація, яка суттєво залежить від санітарно-гігієнічних умов утримання дійного стада та мікробного забруднення доїльного обладнання [15]. За біохімічними компонентами, які входять до складу молока, його можна характеризувати як ідеальне живильне середовища для росту мікроорганізмів, що можуть потрапити до нього з оточуючого середовища, зокрема, повітря.

Відсутність у повітрі поживних речовин і достатньої вологості несприйнятливо впливають на розмноження бактерій, але це – важливий засіб їх розповсюдження, оскільки в ньому можна виявити велике різноманіття мікроорганізмів [17]. Моніторинг повітря молочної ферми, проведений нами, підтверджує висновок [18], що повітря є одним із джерел забруднення навколишнього середовища.

Гігієна утримання молочного поголів'я має велике значення в контролі контамінації молочних ферм. Мікроорганізми навколишнього середовища позитивно корелюють з температурою повітря, але негативно корелюють з його вологістю та сонячною радіацією [19]. Результати визначення параметрів мікроклімату корівника за безприв'язного утримання показують, що вони відповідають існуючим нормам, необхідним для забезпечення добробуту тварин. Тому змінювати параметри мікроклімату з метою зменшення бактеріальної контамінації навколишнього середовища є економічно недоцільним.

Основним джерелом обсіменіння молока є молочне обладнання, тому покращення якості його дезінфекції уможливлює поліпшення якості молока [16].

У дослідах invitro нами доведено, що мікрофлора, ізольована нами з повітря, була чутливою до дії «Perfo Grif» і «Higienic-K» в концентрації 0,5 – 0,75 % за експозиції 5 хв. Концентрація 0,4 % діючої речовини діяла бактерицидно за експозиції 15 хв, що узгоджується з даними виробників.

Таблиця 3 – **Мікробіологічні показники молока, за використання різних дезінфікуючих препаратів,** M±m, n=9.

№ п/п	Назва препарату	Мікробне число тис. КУО/см^3	Титр БГКП	КСК	Ґатунок молока за ДСТУ 3662-97
1	Кальц. сода, 0,5 %	198,3±12,16	>1,0	362,4±17,23	перший
2	«Perfo Grif», французької компанії «HYPRED», 5 %	114,4±8,14	>1,0	356,5±14,26	вищий
3	«Higienic-K», голландської компанії «FARMA», 0,5 %	102,0±16,35	>1,0	352,2±14,81	вищий

Таблиця 4 – **Бактерицидна ефективність різних концентрацій засобів «Perfo Grif» і «Higienic-K» у робочому розчині за температури 25 °С.**

Засіб	Концентрація, %	Експозиція, хв.		
		2	5	15
E. coli				
«Perfo Grif»	0,4	+	-	-
	0,5	+	-	-
	0,75	+	-	-
«Higienic-K»	0,4	+	-	-
	0,5	+	-	-
	0,75	+	-	-
Кальц. сода	0,4	+	+	+
	0,5	+	+	-
	0,75	+	+	-
St. aureus				
«Perfo Grif»	0,4	+	-	-
	0,5	+	-	-
	0,75	+	-	-
«Higienic-K»	0,4	+	-	-
	0,5	+	-	-
	0,75	+	-	-
Кальц. сода	0,4	+	+	+
	0,5	+	+	-
	0,75	+	+	-
Str. agalactiae				
«Perfo Grif»	0,4	+	-	-
	0,5	+	-	-
	0,75	+	-	-
«Higienic-K»	0,4	+	-	-
	0,5	+	-	-
	0,75	+	-	-
Кальц. сода	0,4	+	+	+
	0,5	+	+	-
	0,75	+	+	-
P. aeruginosa				
«Perfo Grif»	0,4	+	-	-
	0,5	+	-	-
	0,75	+	-	-
«Higienic-K»	0,4	+	-	-
	0,5	+	-	-
	0,75	+	-	-
Кальц. сода	0,4	+	+	+
	0,5	+	+	-
	0.75	+	+	-

Примітки: "+" – наявний ріст; "-" – відсутній ріст.

Найвищі показники мікробіологічної чистоти було отримано за використання «Higienic-K», що можна пояснити кращими мийними властивостями препарату, порівняно з «Perfo Grif». Аналіз мікробіологічної окремих складових молочного обладнання після проведення санітарної обробки показав, що за використання «Perfo Grif» найбільш забрудненою була дійкова гума та молочний шланг, а «Higienic-K» – відповідно, дійкова гума і молокопровід.

Висновки. Використання дезінфікувальних засобів «Perfo Grif» і «Higienic-K» для санітарної обробки молочного обладнання в концентраціях 0,5 % за експозиції 5 хв та температурі розчину 25 °С дає змогу отримати молоко вищого ґатунку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Data for comparison of chlorine dioxide and chlorine disinfection power in a real dairy wastewater effluent/ M. Akhlaghi et al. Data Brief. 2018. 18. P. 886–890. DOI:10.1016/j.dib.2018.03.117. PMID: 29900255; PMCID: PMC5996494.

2. ДСТУ 3662:2018 (2018). Молоко-сировина коровяче. Технічні умови. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України.

3. The association between bulk tank milk analysis for raw milk quality and on-farm management practices/ A.M. Elmoslemany et al. Preventive Veterinary Medicine, 2010. 95(1–2). P. 32–40. DOI:10.1016/j. prevetmed.2010.03.007.

4. Касянчук В., Крижанівський Я. І., Даниленко, І. А. Ретельний контроль виробництва молока на фермі – основний важіль у забезпеченні населення високоякісною продукцією. Тваринництво Украіни, 2006. 4. С. 20–22.

5. Кухтин М. Д., Перкій Ю. Б., Покотило О. С. Ефективна санітарна обробка технологічного обладнання як основа безпечного виробництва. Молочна індустрія, 2015. 4. С. 26–27.

6. Microbial Contamination in Milk Quality and Health Risk of the Consumers of Raw Milk and Dairy Products, Nutrition in Health and Disease – Our Challenges Now and Forthcoming Time, Gyula Mózsik and Mária Figler/ V. Velázquez-Ordoñez et al. Intech Open. 2019. DOI:10.5772/intechopen.86182.

7. Implementation of HACCP to control the influence of milking equipment and cooling tank on the milk quality/ M.J. Vilar et al. Trends in Food Science & Technology, 2012. 23(1). P. 4–12. DOI:10.1016/j. tifs.2011. 08.002.

8. Лайтер-Москалюк С. В. Вплив мікробних біоплівок на якість санітарної обробки доїльного устаткування. Оргкомітет, 2022. 207 с. URL:http:// www.economy-confer.com.ua/full-article/4004/.

9. Остапюк М. П., Касянчук В. В. Вдосконалення ветеринарно-санітарного контролю отримання молока на фермах. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Ґжицького, Том 13. № 4(50). Частина. 2011. С. 314–318.

10. Ільніцька Ю. В., Поляк Я. Ю., Слюсаренко С. В. Значення дезінфекції молочного обладнання в технології одержання безпечного та якісного молока. Сучасний розвиток ветеринарної медицини: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 21 жовтня 2021 р. м. Білоцерківський НАУ. С. 17–19.

11. Розробка інструкції щодо технологічної мийки та санітарної обробки обладнання молочних підприємств звіт про НДР: 89.09. (ДР 0109П002638). К.: Технологічний інститут молока та м'яса НАНУ, 2010. 14 с.

12. Шульга Н. М., Млечко Л. А. Санітарія та гігієна: навч. посіб. для студ. ВНЗ. К.: Міносвіти і науки, молоді та спорту України ІПДО НУХТ, 2011. 34 с.

13. Method for cleaning sndustrial equipment with pre-treatment: пат. EI88114222 B2 PI8A: заявл. 25.10.05; опубл. 14.02.12. 13 с.

14. Рекомендації щодо санітарномікробіологічного дослідження змивів з поверхонь тест-об'єктів та обєктів ветеринарноуо науляду і контролю: методичні рекомендації / О. М. Якубчак та ін. Київ: НАУ, 2005.

15. Палій А. П. Техніко-технологічні іновації у молочному скотарстві: Монографія. Харків: Міськдрук. 2019. 324 с.

16. Шкромада О. І., Дудченко Ю. А., Неджеря Т. І., Абубакарі І. К. Дослідження дезінфікуючих властивостей препарату контравір для дезінфекції об'єктів ветеринарного призначення. Вісник Сумського НАУ. Ветеринарна медицина. 2019. Вип. 3 (46). С. 29–35.

17. Airborne dissemination of Escherichia coli in a dairy cattle farm and its environment/ S. Sanz et al. Int. J. Food Microbiol. 2015. 197. P. 40–44.

18. Curiel G. J., Van Eijk H. M. J., Lelieveld H. L. M. Risk and control of airborne contamination. In Encyclopedia of Food Microbiology; Robinson, R.K., Batt, C.A., Patel, P.D., Eds.; Academic Press: London, UK, 2000. P. 1816–1822.

19. Dungan R. S., Leytem A. B., Bjorneberg D. L. Concentrations of airborne endotoxin and microorganisms at a 10,000-cow open-freestall dairy. J. Anim. Sci. 2011. 89. P. 3300–3309.

20. Quintana Á. R., Seseña S., Garzón A., Arias R. Factors Affecting Levels of Airborne Bacteria in Dairy Farms: A Review. Animals (Basel). 2020. 10(3). 526 p. DOI:10.3390/ani10030526. PMID: 32245161; PMCID: PMC7142656.

21. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology - Williams, Wilkins, 1948. 1984. Vol. 1,2,3.

REFERENCES

1. Akhlaghi, M., Dorost, A., Karimyan, K., Narooie, M.R., Sharafi, H. (2018). Data for comparison of chlorine dioxide and chlorine disinfection power in a real dairy wastewater effluent. Data Brief. 18, pp. 886–890. DOI: 10.1016/j.dib.2018.03.117. PMID: 29900255; PMCID: PMC5996494.

2. DSTU 3662:2018 (2018). Moloko-syrovyna korovyache. Tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 2019-01-01]. Kyyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny [DSTU 3662:2018 (2018). Cow's raw milk. Specifications. [Effective from 2019-01-01]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine. (in Ukrainian).

3. Elmoslemany, A. M., Keefe, G. P., Dohoo, I. R., Wichtel, J. J., Stryhn, H., Dingwell, R.T. (2010). The association between bulk tank milk analysis for raw milk quality and on-farm management practices. Preventive Veterinary Medicine, 95(1–2), 32–40. doi: 10.1016/j.prevetmed.2010.03.007.

4. Kasyanchuk, V., Kryzhanivs′kyy, YA. Y., Danylenko, I. A. (2006). Retel′nyy kontrol′ vyrobnytstva moloka na fermi – osnovnyy vazhil′ u zabezpechenni naselennya vysokoyakisnoyu produktsiyeyu [Careful control of milk production on the farm is the main lever in providing the population with high-quality products]. Tvarynnytstvo Ukrayiny [Animal husbandry of Ukraine], 4, pp. 20–22. (in Ukrainian).

5. Kukhtyn, M. D., Perkiy, YU. B., Pokotylo, O. S. (2015). Efektyvna sanitarna obrobka tekhnolohichnoho

obladnannya yak osnova bezpechnoho vyrobnytstva [Effective sanitary treatment of technological equipment as the basis of safe production]. Molochna industriya [Dairy industry], 4, pp. 26–27. (in Ukrainian).

6. Velázquez-Ordoñez, V., Valladares-Carranza, B., Tenorio-Borroto, E., Talavera-Rojas, M., Varela-Guerrero, J.A., Acosta-Dibarrat, J., Puigvert, F., Grille, L., González Revello, Á., Pareja, L. (2019). Microbial Contamination in Milk Quality and Health Risk of the Consumers of Raw Milk and Dairy Products, Nutrition in Health and Disease – Our Challenges Now and Forthcoming Time, Gyula Mózsik and Mária Figler, Intech Open. DOI:10.5772/intechopen.86182.

7. Vilar, M.J., Rodríguez-Otero, J.L., Sanjuán, M.L., Diéguez, F. J., Varela, M., Yus, E. (2012). Implementation of HACCP to control the influence of milking equipment and cooling tank on the milk quality. Trends in Food Science & Technology, 23(1), pp. 4–12. DOI:10.1016/j.tifs.2011.08.002.

8. Lajter-Moskalyuk, S. V. (2022). Vpliv mikrobnih bioplivok na yakist sanitarnoyi obrobki doyilnogo ustatkuvannya [The influence of microbial biofilms on the quality of sanitary treatment of milking equipment]. Organizing Committee, 207 p. Available at:http://www.economy-confer.com.ua/full-article/4004/ (in Ukrainian).

9. Ostapyuk, M. P., Kasyanchuk, V. V. Vdoskonalennya veterinarno-sanitarnogo kontrolyu otrimannya moloka na fermah [Improvement of veterinary and sanitary control of milk production on farms]. Naukovij visnik LNUVMBT imeni S.Z. Gzhickogo [Scientific Bulletin of the LNUVMBT named after S.Z. Gzhitsky], 2011. Vol. 13, no. 4(50), Part 4, pp. 314–318. (in Ukrainian).

10. Ilnicka, Yu. V., Polyak, Ya. Yu., Slyusarenko, S. V. Znachennya dezinfekciyi molochnogo obladnannya v tehnologiyi oderzhannya bezpechnogo ta yakisnogo moloka [The importance of disinfection of dairy equipment in the technology of obtaining safe and high-quality milk]. Suchasnij rozvitok veterinarnoyi medicini: materiali mizhnarodnoyi naukovo-praktichnoyi konferenciyi. 21 zhovtnya 2021 r. m. Bilocerkivskij NAU [Modern development of veterinary medicine: materials of the international scientific and practical conference. October 21, 2021, Bila Tserkva National University of Science and Technology]. pp. 17–19. (in Ukrainian).

11. Rozrobka instrukciyi shodo tehnologichnoyi mijki ta sanitarnoyi obrobki obladnannya molochnih pidpriyemstv zvit pro NDR: 89.09. (DR 0109P002638) [Development of instructions for technological washing and sanitary processing of equipment of dairy enterprises, report on GDR: 89.09. (DR 0109P002638).]. K.: Technological Institute of Milk and Meat of NASU, 2010, 14 p. (in Ukrainian).

12. Shulga, N. M., Mlechko, L. A. (2011). Sanitariya ta gigiyena: navch. posib. dlya stud. VNZ [Sanitation and hygiene: a study guide for university students]. K.: Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine IPDO NUHT, 34 p. (in Ukrainian).

13. Method for cleaning sndustrial equipment with pre-treatment: stalemate. EI88114222 B2 RI8A: application. 25.10.05; published 14.02.12. 13 p. (in Ukrainian).

14. Yakubchak, O. M., Kovalenko, V. L., Khomenko, V. I., Denysyuk, H. M., Bondar, T. O., Midyk, S. V. (2005). Rekomendatsiyi shchodo sanitarnomikrobiolohichnoho doslidzhennya zmyviv z poverkhon test-obyektiv ta obyektiv veterynarnoho nahlyadu i kontrolyu: metodychni rekomendatsiyi [Recommendations for the sanitary microbiological study of washes from the surfaces of test objects and objects of veterinary care and control: methodical recommendations]. Kyiv: NAU. (in Ukrainian).

15. Palij, A. P. (2019). Tehniko-tehnologichni inovaciyi u molochnomu skotarstvi: monografiya [Technical and technological innovations in dairy farming: monograph]. Kharkiv: Miskdruk, 324 p. (in Ukrainian).

16. Shkromada, O. I., Dudchenko, Yu. A., Nedzherya, T. I., Abubakari, I. K. (2019). Doslidzhennya dezinfikuyuchih vlastivostej preparatu kontravir dlya dezinfekciyi ob'yektiv veterinarnogo priznachennya [Study of the disinfectant properties of the drug Contravir for disinfection of veterinary facilities]. Visnik Sumskogo NAU [Bulletin of the Sumy NAU]. Veterinarna medicina [Veterinary medicine], Issue 3 (46), pp. 29–35. (in Ukrainian).

17. Sanz, S., Olarte, C., Martínez-Olarte, R., Navajas-Benito, E. V., Alonso, C. A., Hidalgo-Sanz, S., Somalo, S., Torres, C. (2015). Airborne dissemination of Escherichia coli in a dairy cattle farm and its environment. Int. J. Food Microbiol., 197, pp. 40–44.

18. Curiel, G. J., Van Eijk, H. M. J., Lelieveld, H. L. M. (2000). Risk and control of airborne contamination. In Encyclopedia of Food Microbiology; Robinson, R.K., Batt, C.A., Patel, P.D., Eds.; Academic Press: London, UK, pp. 1816–1822.

19. Dungan, R. S., Leytem, A. B., Bjorneberg, D. L. (2011). Concentrations of airborne endotoxin and microorganisms at a 10,000-cow open-freestall dairy. J. Anim. Sci., 89, pp. 3300–3309.

20. Quintana, Á. R., Seseña, S., Garzón, A., Arias, R. (2020). Factors Affecting Levels of Airborne Bacteria in Dairy Farms: A Review. Animals (Basel). 10(3), 526 p. DOI:10.3390/ani10030526. PMID: 32245161; PMCID: PMC7142656.

21. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology - Williams, Wilkins, 1948. 1984, Vol. 1,2,3.

Comparative characteristics of disinfectants for dairy equipment and quality of dairy products under the influence of paratypical environmental factors

Gryshko V., Andriychuk A., Zotsenko V., Ostrovskiy D., Bondarenko L., Balatsky Y., Malyna V., Fedorchenko M.

The parameters of the microclimate of the barn under the untethered method of keeping cows in the spring were studied. It was found that the temperature in the barn was on average 8.8±1.34 °C, the relative humidity and air velocity in the compared rooms were within the limits of hygienic standards. Microbiological indicators of bacterial air contamination correspond to

the upper limits of hygienic standards and amounted to 116.64±6.32 CFU/sc³. The bacterial contamination of technological equipment averaged 119.33±14.71 thousand CFU/sc³. The content of harmful gases in the premises did not exceed the permissible sanitary and hygienic standards and was within the limits of the standards of VNTP-APC-01.05 Livestock enterprises (complexes, farms, small farms). The average number of MAFANM in the flushes from the study objects (teat rubber, collector, milk hose, milk pipeline) after washing with water was 368.4±9.8 thousand CFU/sc³, and with 0.5% soda ash solution - 249.0±11.7 thousand CFU/sc³. The best level of microbiological cleanliness of the internal surfaces of dairy equipment was provided by sanitization using the disinfectant "Perfo Grif", with the number of MAFANM in the flushes averaging 139.7±7.0 thousand CFU/sc³. The best indicators of microbiological cleanliness of dairy equipment were obtained during sanitization with 0.5% Higienic-K solution. The average number of MAFANM was 126.2±1.5 thousand CFU/sc³. When using a solution of soda ash for sanitizing dairy equipment, the amount of MAFANM in freshly milked milk taken from the cooler was 198.3±12.16 thousand CFU/sc³, which corresponds to the first grade according to DSTU 3362:2018 "Cow's milk". Technical conditions. At the same time, during the sanitization of equipment with acidic detergents and disinfectants "Perfo Grif" and "Higienic-K", the amount of MAFANM in milk was 114±8.14 and 102.0±16.3 thousand CFU/sc³, respectively, which corresponds to the highest grade. At the same time, the BCCP titer was more than 1.0, and the number of somatic cells (SCC) was within the permissible range (400 thousand/ml). Therefore, for effective sanitary and hygienic treatment of milking equipment, working solutions of disinfectants based on peracetic, nitric and phosphoric acids should contain 0.5% of the active ingredient, which will ensure the destruction of microorganisms during exposure for 5 – 15 minutes.

Key words: dairy equipment, dairy products, disinfection, milk production hygiene, microbiological indicators of milk, milk production technology, milk quality.

Copyright: Гришко В.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:
Гришко В.А. https://orcid.org/0000-0002-0340-513x
Андрійчук А.В. https://orcid.org/0000-0001-9144-5272
Зоценко В.М. https://orcid.org/0000-0001-8908-6688
Островський Д.М. https://orcid.org/0000-0002-3901-4667
Бондаренко Л.В. https://orcid.org/0000-0003-3751-9140
Балацький Ю.О. https://orcid.org/0000-0002-3117-9467
Малина В.В. https://orcid.org/0000-0002-1319-9026
Федорченко М.М. https://orcid.org/0000-0002-5068-7037

ЕКОЛОГІЯ

УДК 631.333.92:628.473

Розробка комплексної технології для утилізації органічних відходів тваринницької ферми вермикультивуванням

Сенчук М.М., Харчишин В.М.

Білоцерківський національний аграрний університет

Сенчук М.М. E-mail: m.m.senchuk@gmail.com

OPEN ACCESS

Сенчук М.М., Харчишин В.М. Розробка комплексної технології для утилізації органічних відходів тваринницької ферми вермикультивуванням. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2023. № 1. С. 168–177.

Senchuk M., Kharchyshyn V. Development of complex technology for the disposal of organic waste of an animal farm by vermicultivation. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2023. № 1. PP. 168–177.

Рукопис отримано: 27.04.2023 р.
Прийнято: 11.05.2023 р.
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2023-178-1-168-177

В статті йдеться про комплексну технологію вермикультивування на тваринницькій фермі.

Розроблено рекомендації для впровадження комплексної технології вермикультивування для переробки відходів тваринницької ферми. Для інтенсивного розведення дощових черв'яків необхідно забезпечувати умови оптимального їх розвитку:

- температура субстрату – 19–25° С;
- вологість субстрату – 75–80 %;
- співвідношення вуглецю до азоту – біля 20;
- реакція середовища, pH – 6,5–7,5.

Субстрат з відходів тваринницької ферми повинен пройти ферментування: в теплий період року – 2–3 місяці, а при низьких температурах навколишнього середовища – 3–5 місяців з використанням традиційних методів компостування.

Збільшення копролітів у вермикомпості в процесі вермикультивування при оптимальних умовах розвитку дощових черв'яків фіксували, залежно від періоду вермикультивування, – 20 діб, 40 діб, 60 діб, і питомого вмісту черв'яків у компості на початку процесу – 20 г в розрахунку на 1 кг субстрату, 40 г/кг, 60 г/кг.

За результатами досліджень побудували графіки, які характеризують ступінь умісту копролітів у вермикомпості, залежно від періоду вермикультивування, – 20 діб, 40 діб, 60 діб, і питомого вмісту черв'яків на початку процесу – 20 г в розрахунку на 1 кг субстрату, 40 г/кг, 60 г/кг.

Визначено, що досягнення 60 % переробки відходів тваринницької ферми дощовими черв'яками для питомого вмісту черв'яків на початку процесу – 20 г в розрахунку на 1 кг субстрату становить 60 діб; 40 г/кг – 58 діб, 60 г/кг – 53 доби.

Практичний досвід вермикультивування і наукові дослідження свідчать про те, що тривалість переробки субстрату в біогумус на відкритому майданчику залежить від кліматичних умов і якості виконання технологічного регламенту вермикультивування, який становить в основному 3 місяці.

Подані методичні основи механізованих комплексних вермигосподарств дають можливість проводити розрахунки, необхідні для переробки відходів тваринницької ферми з отриманням біогумусу і біомаси дощових черв'яків.

Впровадження такої технології екологічно безпечно утилізує гній, солому та інші відходи органічного походження з отриманням високоефективного добрива – біогумусу.

Ключові слова: вермикультивування, дощові черв'яки, біогумус, обладнання, органічні відходи.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. З відходів у вигляді гною тваринницьких ферм при переробці вермикомпостуванням отримують цінне добриво-біогумус і біомасу дощових черв'яків, а також – екологічний ефект [1–10]. З цих відходів готується субстрат – корм для черв'яків.

Необхідність технологічного процесу переробки вермикомпосту в товарний біогумус обумовлена наступними факторами:

- на світовому ринку біогумус є товаром;
- у результаті переробки відділяється найбільш цінна гуміновмісна частина;
- ефективністю і зручністю для локального механізованого внесення в ґрунт, створення органо-мінеральних сумішей, ведення тепличного господарства і вирощування кімнатних рослин.

У простих системах компостування підготовлений субстрат складають у вигляді довгих буртів, які називаються компостними рядами, вручну, або за допомогою навантажувачів чи самоскидів. Компостні ряди мають приблизно трикутну форму в перерізі, їх висота і ширина можуть бути різними, але рекомендується, щоб для природньої аерації їх висота не перевищувала 1,5 м, а ширина – 2,5 м. Бажано, щоб майданчик, на якому розміщують компостні ряди, був бетонним і не руйнувався транспортними засобами.

У країнах Європи і в США для приготування субстрату на фермах використовуються навантажувачі і плоскодонні розкидачі гною. Органічні відходи з тваринницьких ферм навантажуються в розкидач для гною, в якому вони подрібнюються, аеруються, а потім звалюються купою заввишки 1,25 м.

Агрегат поступово пересувається, щоб утворився бурт. За допомогою спеціального пристрою роблять вертикальні отвори діаметром 75 мм на відстані 1 м один від одного. Через 2–3 місяці субстрат готовий до використання.

Для збільшення швидкості біодеградації субстрату і виключення необхідності його перевертання здійснюється примусова аерація компостних рядів за допомогою спеціальних труб, прокладених під субстратом, що компостується. Аерація субстрату здійснюється за рахунок відбирання повітря з цих каналів, або нагнітання повітря в них.

Якість біогумусу повинна відповідати таким вимогам: вологість – 30–40 %, вміст органічної речовини – 20–30 %; вміст водорозчинних солей – 0,5 %, pH – 6,8–7,2; вміст загального азоту – 1 %, загального фосфору (P_2O_5) – 1,5 %, загального калію (K_2O) – 1 %, магнію – 1 %, кальцію – 4 % [11]. Біогумус також не повинен містити речовин, які біологічно не переробляються (полімерів, каміння, скла, металу та ін.).

Необхідно відзначити, що висока ефективність застосування біогумусу в рослинництві визначається багатством флори бактерій (до 2000 млрд колоній в 1 г біогумусу при 150–300 млн колоній в 1 г гною тварин), вмістом великої кількості необхідних рослині елементів живлення в засвоюваній формі, реакцією середовища (pH 6,8–7,2), наближеною до нейтральної, що створює в ґрунті умови, які утруднюють розвиток хвороб. Крім цього, якість біогумусу обумовлена відсутністю патогенної мікрофлори [12-15].

Одним з основних факторів, які впливають на реалізацію генетичного потенціалу продуктивності сільськогосподарських тварин і птиці, є повноцінна годівля, обумовлена, в основному, протеїновим і амінокислотним складом раціонів. Тому біомаса черв'яків є одним із ефективних джерел забезпечення тварин і птиці високоякісними білковими кормами. Рекомендується використовувати біомасу черв'яків як корм птиці і рибі в живому вигляді, свиням – у вигляді пульпи, а коровам – у вигляді борошна. Для годівлі птиці найбільш раціональним способом одержання білкового корму є подрібнення дощових черв'яків і змішування біомаси з наповнювачем [16]. Як наповнювач можна використовувати розсипний комбікорм дрібного помелу.

Актуальним завданням для дослідження є доцільність використання інтенсифікації технології вермикультивування в тваринництві.

Метою дослідження є розроблення комплексної технології для утилізації органічних відходів тваринницької ферми вермикультивуванням.

Матеріал і методи дослідження. Використання технологій вермикомпостування для переробки гною тваринницької ферми в умовах промислових вермигосподарств безпосередньо зіткнулося з проблемами інтенсифікації і оптимізації як окремих технологічних ланок, так і в цілому процесі вермикультивування до отримання кінцевих продуктів біогумусу і біомаси черв'яків. Досі питанням механізації процесів вирощування дощових черв'яків і отримання біогумусу не приділяється достатньої уваги. Переробка гною вермикомпостуванням виконується з використанням ручної праці в 70–80 % технологічних операцій.

Механізовані технології вермикультивування призначені для одержання біогумусу і біомаси дощових черв'яків у великих обсягах (рис.1).

Важливу роль в одержанні високоякісного біогумусу і ефективному використанні дощових черв'яків відіграють правильно вибрані

режими роботи обладнання, забезпечення високоефективними популяціями черв'яків. З цією метою ми раніше рекомендували створення вермиінкубаторів (рис. 2), які спеціалізуються на інтенсивному розведенні дощових черв'яків.

Завдяки використанню високоефективних штамів маточних черв'яків, субстрату, а також оптимальних температурних режимів і вологи досягається максимальна продуктивність у переробці субстрату в біогумус. Це дає змогу одержувати продуктивну маточну культуру для промислового вермикультивування.

Для інтенсивного розведення дощових черв'яків забезпечували умови оптимального їх розвитку, а саме:

- температура субстрату – 19–25° С;
- вологість субстрату – 75–80 %;
- співвідношення вуглецю до азоту – біля 20;
- реакція середовища, pH – 6,5–7,5.

Субстрат проходив ферментування в теплий період року – 2–3 місяці, а за низьких температур навколишнього середовища – 3–5 місяців з використанням традиційних методів компостування.

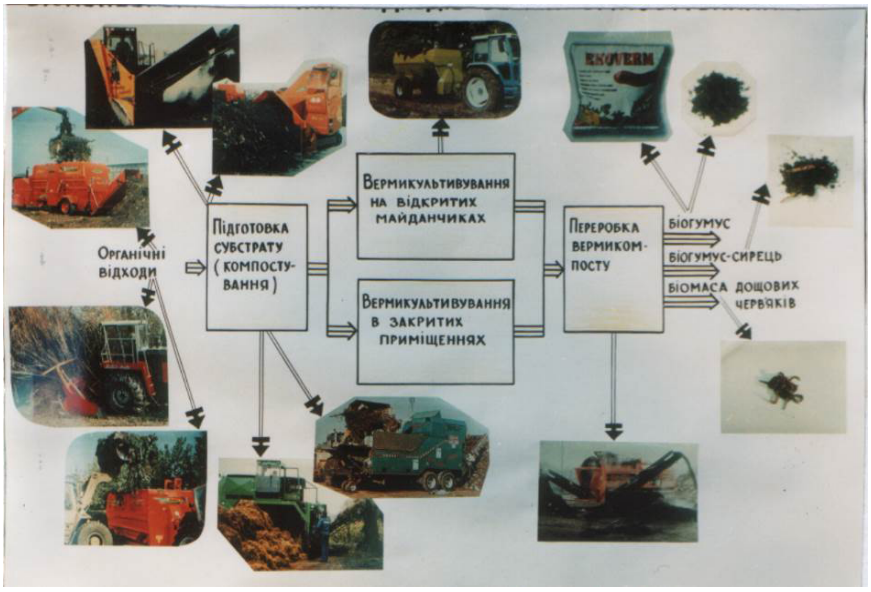


Рис. 1. **Структурна схема вермикомпостування** [розробка авторів].

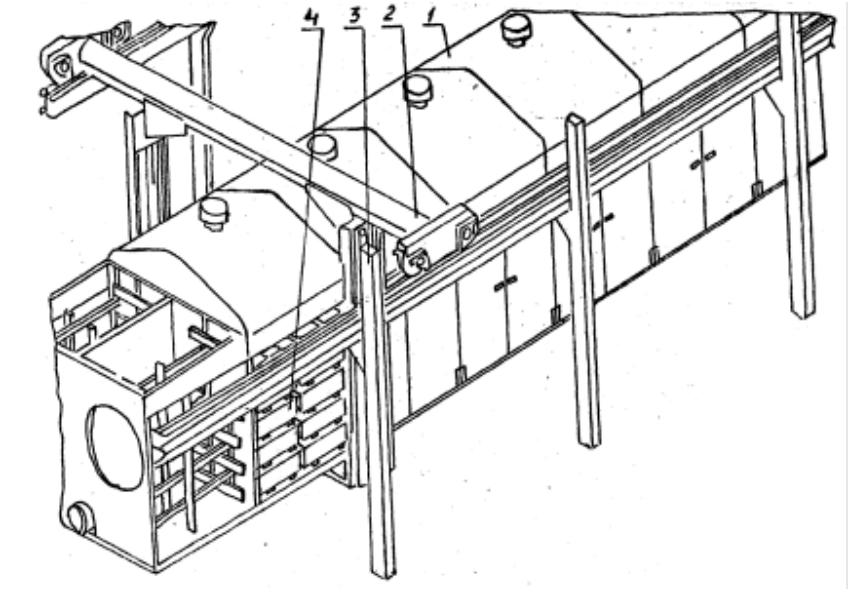


Рис. 2. **Загальний вигляд вермиінкубатора** [розробка авторів]:
1 – корпус вермиінкубатора; 2 – механізм завантажування і розвантажування ящиків; 3 – опора; 4 – ящик для вермикультури.

Збільшення копролітів у вермикомпості в процесі вермикультивування при оптимальних умовах розвитку дощових черв'яків реєстрували, залежно від періоду вермикультивування, – 20 діб, 40 діб, 60 діб, і питомого вмісту черв'яків у компості на початку процесу – 20 г в розрахунку на 1 кг субстрату, 40 г/кг, 60 г/кг.

Тривалість вермикультивування визначають за формулою (1) за умови, що вміст копролітів у вермикомпості має становити не менш як 60 %, один черв'як у середньому важить 1 г і за добу поїдає субстрату вагою, однаковою з його вагою:

$$\tau = 0{,}6\frac{1000}{X_1} \qquad (1)$$

де X_1 – питомий вміст черв'яків в субстраті, г/кг.

Фактичну тривалість вермикультивування визначають за формулою:

$$\tau_e = \tau \cdot \iota_b, \qquad (2)$$

де τ_e – фактична тривалість вермикультивування, діб;

ι_b – коефіцієнт гарантії технологічного процесу (ι_b =1–1,5).

Річна продуктивність вермиінкубатора визначають за формулою:

$$M_b = M_T \cdot \iota_b, \qquad (3)$$

де M_b – річна продуктивність вермиінкубатора, т/рік;

M_T – розрахункова маса субстрату, який переробляють черв'яки у біогумус, т/рік.

Тут:

$$M_T = M_0 \cdot \tau(R + R^2 + ... + R^i), \qquad (4)$$

де M_0 – маса дощових черв'яків на початку року, т;

τ – період, за який визначено збільшення біомаси черв'яків у вермикомпості, діб;

R – показник збільшення маси черв'яків за встановлений період, разів:

$$i = \frac{365}{\tau}. \qquad (5)$$

На різних видах субстрату розвиток черв'яків відбувається неоднаково і фізико-хімічний склад біогумусу – різний. За 1,5 місяця в субстраті на основі курячого посліду біомаса черв'яків зросла в 4 рази, на основі свинячого гною – втричі, на основі гною ВРХ – в 2,8 раза, на основі осаду стічних вод – у 2,6 раза [1].

За заданої маси субстрату, яку необхідно переробити в біогумус за рік, визначають необхідну для придбання масу черв'яків:

$$M_0 = \frac{M_T}{\tau(R + R^2 + ... + R^i)}. \qquad (6)$$

Максимальна місткість вермиінкубатора розраховується за формулою:

$$M_{b\max} = \frac{M_b \cdot \tau_e}{365}, \qquad (7)$$

де $M_{b\max}$ – максимальна місткість вермиінкубатора, т.

Тривалість переробки субстрату в біогумус на відкритому майданчику залежить від кліматичних умов і якості виконання технологічного регламенту вермикультивування. Вона становить зазвичай 3 місяці, тобто τ_e приймається як 90 діб. Переробку проводять. як правило, у два цикли, i =2.

Початкова маса черв'яків визначається за формулою 6. Річний вихід біогумусу–сирцю визначають за формулою:

$$M_T = M_0\tau_e(R_b + R_b^2), \qquad (8)$$

де

$$R_b = R\frac{\tau_e}{\tau}. \qquad (9)$$

Необхідна кількість технічних засобів для вермикомпостування визначається за формулою:

$$n = \frac{Q_b}{П \cdot t \cdot \eta_c \cdot \eta \cdot m}, \qquad (10)$$

де n – необхідна кількість технічних засобів, шт.;

Q_b – необхідний обсяг виконання робіт, т, м^3, кг та ін.;

$П$ – продуктивність технічного засобу, т/год, м^3/год, кг/год та ін.;

t – тривалість зміни;

η_c – коефіцієнт змінності;

η – коефіцієнт використання змінного робочого часу;

m – тривалість виконання робіт, діб.

Слід відзначити, що ця методика розрахунку вермигосподарства розроблена автором статті і стандартизована СОУ 24.15-37-506:2007 [12].

Результати дослідження та обговорення. В результаті проведених експериментальних досліджень побудовано графіки, які характеризують ступінь вмісту копролітів у вермикомпості, залежно від періоду вермикультивування і питомого вмісту черв'яків на початку процессу, – 20 г в розрахунку на 1 кг субстрату, 40 г/кг, 60 г/кг (рис. 3).

Аналіз графічних залежностей показав, що досягнення 60 % переробки відходів тваринницької ферми дощовими черв'яками для питомого вмісту черв'яків на початку процесу – 20 г в розрахунку на 1 кг субстрату становить 60 діб; 40г/кг – 58 діб, 60 г/кг – 53 доби.

В цілому рекомендована тривалість вермикультивування для закритих приміщень вермиінкубаторів становить 60 діб.

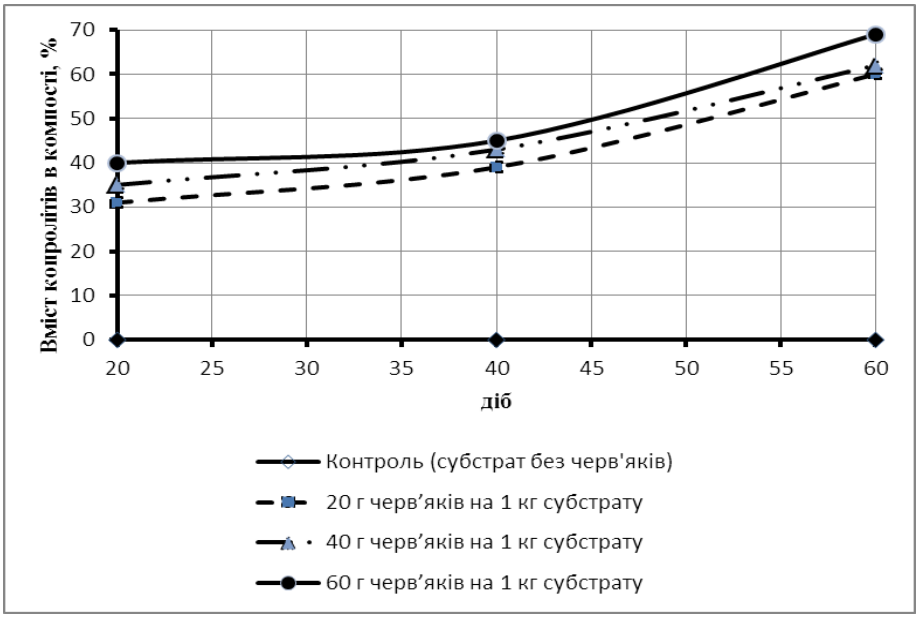


Рис. 3. **Ступінь вмісту копролітів у вермикомпості** [побудовано авторами].

Аналіз структурної схеми вермикомпостування (рис.1) демонструє, що технологія складається з таких основних технологічних процесів:

- підготовки субстрату – корму для дощових черв'яків;
- вермикультивування – вирощування дощових черв'яків;
- переробки вермикомпосту – біогумусу-сирцю.

Підготовка субстрату забезпечується наступними технологічними операціями:

- підготовки майданчика;
- підготовки субстрату.

Підготовка майданчика для вермикультивування. Бажано, щоб майданчик мав тверде покриття. Необхідну кількість буртів визначають за формулою:

$$n_{\delta} = \frac{M_b^1}{l_{\delta} \cdot b_{\delta} \cdot h_{\delta} \cdot \rho}, \qquad (11)$$

де $l_{\delta}, b_{\delta}, h_{\delta}$ – відповідно; ширина, довжина і висота бурта, мм;
ρ – питома маса субстрату, т/м³.

Річний вихід біогумусу-сирцю M_b^1 визначають, згідно з формулою (8):

$$M_b^1 = M_0 \tau_e \cdot R_b^2. \qquad (12)$$

Параметри майданчика розраховують за формулами:

- ширина:

$$b_m = n_{\delta} \cdot b_{\delta} + b_{np} \cdot n_{np}, \qquad (13)$$

де b_m – ширина майданчика, м;
b_{np} – ширина проходу між буртами, м;
n_{np} – кількість проходів;

- довжина:

$$l_m = l_{\delta} + 2b_з, \qquad (14)$$

де l_m – довжина майданчика, м;
$b_з$ – ширина заїзду між буртами, м.

Площа майданчика визначається за формулою:

$$F_м = b_m \cdot l_m, \qquad (15)$$

де F_m – площа майданчика, м².

Підготовка субстрату. Рекомендовано використовувати такий склад субстрату:

- гній тваринницької ферми – 1/3 від загальної маси субстрату;
- солома;
- торф, вапно (до 2 % від ваги субстрату).

Субстрат має пройти ферментування не менш, як 3 місяці, взимку – 3–5 місяців. Зберігання субстрату може тривати 8–10 місяців за вологості 70–80 %. Готовність субстрату до використання визначають за співвідношенням вуглецю до азоту, яке має бути приблизно 20 за кислотності 6–8 pH.

Компостні ряди мають приблизно трикутну форму в перерізі, їх висота і ширина може бути різною, але для забезпечення їх природньої аерації висоту рекомендовано не перевищувати – 1,5 м, а ширину – 2,5 м. Формують компостні ряди за допомогою навантажувачів чи самоскидів. Протягом періоду підготовки субстрату для вермикультивування субстрат необхідно 2–3 рази аерувати, використовуючи аератори.

Вермикультивування. Підготовлений субстрат укладають в бурти (ложі) довжина яких залежить від довжини майданчика, рекомендована ширина – 2,5 м, висота – 0,2 м). У сформовані бурти запускаються дощові черв'яки. Норма закладення черв'яків – від 700 до 1500 штук на метр кубічний субстрату (орієнтовно, 700 – 1500 г біомаси дощових черв'яків).

Придатність субстрату для запуску дощових черв'яків визначається розміщенням 50 особин в субстрат. Якщо вони його заселили і жодних негативних явищ немає, то додають решту, рівномірно розміщуючи їх по поверхні субстрату. Початкову масу дощових черв'яків визначають, залежно від необхідної маси переробки субстрату в біогумус протягом року за формулою 6.

Для підтримування оптимальної вологості (близько 80 %) у вермикомпості використовують стаціонарні або мобільні поливальні установки. Аерація вермикомпосту передбачає насичення його атмосферним повітрям і виведенням з нього шкідливих газів. Це забезпечується створенням близько 15 вертикальних отворів діаметром по 5 см в розрахунку на 1 м^2 бурта. Підгодівлю черв'яків свіжим субстратом проводять через 7–9 діб, розстеляючи його вручну по поверхні вермикомпосту товщиною до 10 см, або за допомогою технічного засобу для закладання буртів.

Коли кількість черв'яків на одиницю площі перевищує оптимально допустиму їх норму (100000 шт/м^2), виникає необхідність частину черв'яків вибрати із вермикомпосту (неповне вибирання). При цьому внесення у вермикультуру свіжого корму припиняється, а через 10 діб вносять свіжий корм товщиною шару 10 см. Ще через 10 діб шар субстрату з черв'яками знімають, а на його місце наносять свіжий корм.

Повне вибирання черв'яків проводиться для отримання біогумусу-сирцю. У разі повного вибирання зазначену вище процедуру повторюють 3–4 рази і відбирають до 90–95 % черв'яків, які надалі використовуються у виробничих цілях (заселення нових лож, їх реалізація, використання в якості корм сільськогосподарським тваринам і птиці).

Існуючі способи відділення черв'яків від компосту можна класифікувати таким чином: відділення вручну, механічне відділення, відділення під впливом зовнішніх чинників та комбіноване відділення. На тваринницькій фермі для видалення черв'яків з вермикомпосту рекомендується також використовувати курей за їх наявності. Вибирання біогумусу-сирцю проводять двічі на рік, після чого його використовують як добриво, або для переробки.

Для інтенсифікації процесів вермикомпостування рекомендується проводити переробку великої кількості відходів тваринницької ферми з використанням вермикультивування на відкритих майданчиках і в закритих приміщеннях, де забезпечуються оптимальні умови розвитку вермикультури протягом року. З метою ефективного використання приміщення, вермикультивування рекомендується проводити у спеціальних вермиінкубаторах (рис. 2). Особливості вермиінкубатора полягають в тому, що вирощування черв'яків проводиться в ящиках. Це дає можливість механізувати технологічні процеси.

Переробка біогумусу-сирцю в товарний біогумус. Попередня переробка вермикомпосту складається з технологічних операцій: подрібнення і відділення твердих включень і грудок. Сушіння біогумусу-сирцю до вологості 40–50 % виконується в умовах навколишнього середовища або в сушарках. Після сушіння і подрібнення біогумус розділяється на три фракції, залежно від величини гранул: найдрібніша – гранули розміром до 1 мм, дрібна – до 2 мм і крупна – до 3 мм [11].

Забезпечення технологій вермикультивування технічними засобами.

Оптимальне річне завантаження роботою технічного засобу визначається за формулою:

$$X = \frac{R\Pi \cdot \tau}{T}, \quad (16)$$

де X – оптимальне річне завантаження роботою технічного засобу, т, м^3,
R – ресурс технічного засобу, год;
П – продуктивність технічного засобу, т/ год, м^3/год і т.д.;
T – строк служби технічного засобу, років;
τ – коефіцієнт використання змінного робочого часу.

Необхідна кількість технічних засобів для виконання заданого обсягу робіт при виконанні технологічної операції визначається за формулою (10).

Наведені вище дослідження дали змогу розробити структурну схему комплексного вермикомпостування (рис. 4) та технологічну схему механізованої технології виробництва біогумусу (рис. 5).

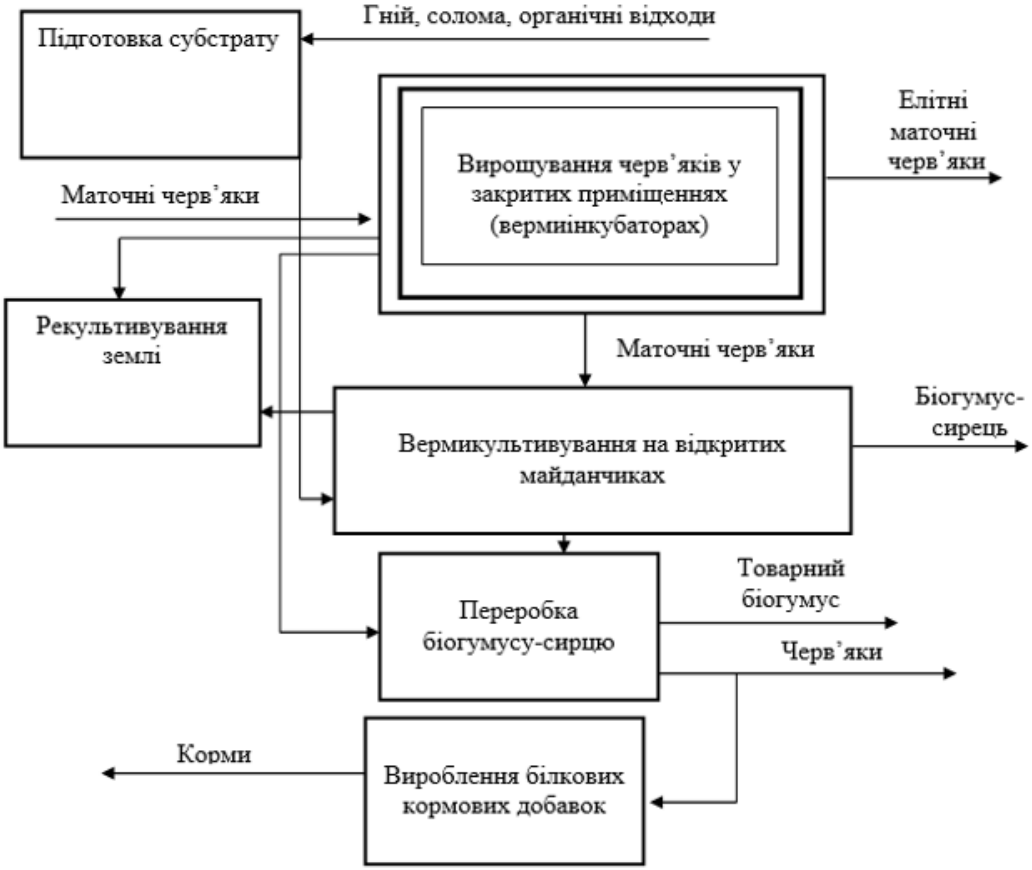


Рис. 4. **Структурна схема комплексного вермикомпостування** [розробка авторів].

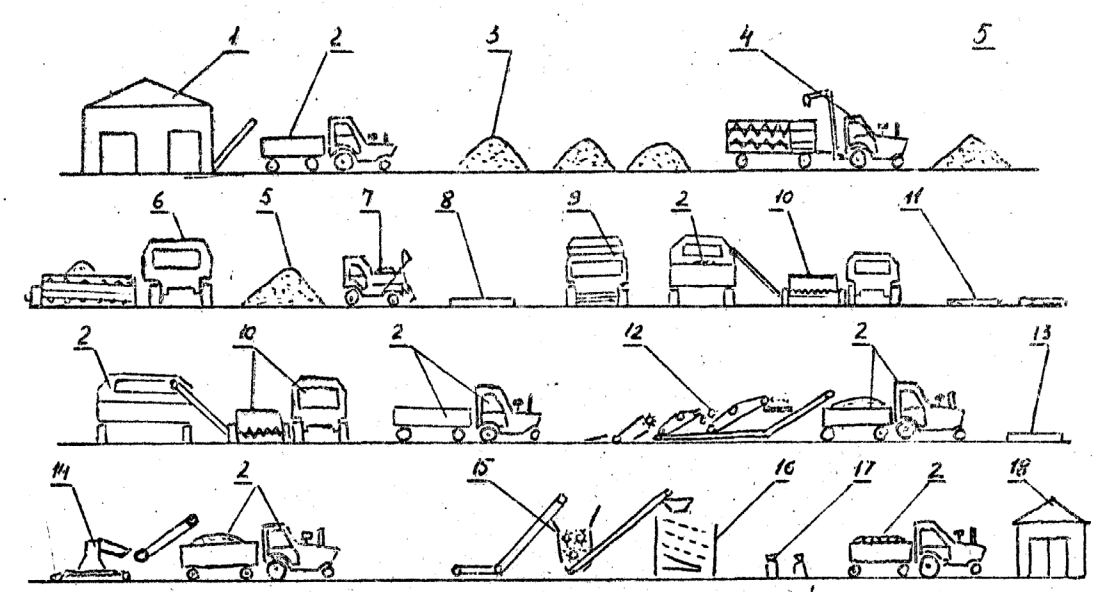


Рис. 5. **Технологічна схема механізованої технології виробництва біогумусу** [розробка авторів]: 1 – тваринницька ферма; 2 – транспортний засіб; 3 – відходи; 4 – буртоутворювач–змішувач; 5 – бурт субстрату; 6 – аератор буртів; 7 – буртоутворювач субстрату; 8 – бурт з вермикультурою; 9 – аератор біомаси; 10 – обладнання для відділення черв'яків з субстратом і виборки біогумусу-сирцю; 11 – бурт вермикомпосту; 12 – обладнання для попередньої переробки вермикомпосту; 13 – бурт біогумусу-сирцю під час сушіння; 14 – завантажувач; 15 – обладнання для подрібнення біогумусу; 16 – обладнання для фракціонування біогумусу; 17 – розфасований біогумус; 18 – склад для зберігання біогумусу.

Висновки. Встановлено доцільність запровадження комплексної технології вермикультивування для переробки відходів тваринницької ферми.

Розроблено структурну схему комплексного вермигосподарства та технологічну схему механізованої технології виробництва біогумусу із відходів тваринницької ферми.

Визначено, що досягнення 60 % переробки відходів тваринницької ферми дощовими черв'яками для питомого вмісту черв'яків на початку процесу - 20 г в розрахунку на 1 кг субстрату складає 60 діб; 40г/кг – 58 діб, 60 г/кг – 53 доби.

Розроблені методичні основи комплексних механізованих вермигосподарств дають змогу проводити розрахунки, необхідні для переробки відходів тваринницьких ферм і запобігання забрудненню навколишнього середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лінник М. К., Сенчук М. М. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив: монографія/ за ред. доктора технічних наук, академіка НААН В.В. Адамчука. Ніжин. Видавець ПП Лисенко М.М., 2012. 248 с.

2. Шпякіна А. І., Семенова О. А., Семенова О. І. Біотехнологічні методи переробки відходів тваринництва. Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства: матеріали II міжнародної науково-практичної конференції, м. Тернопіль, 24-25 березня 2016 р. С. 210–212.

3. Технологічні аспекти переробки органічних відходів АПК методом вермикультивування / В. М. Сендецький та ін. Івано-Франківськ: Фоліант, 2010. 53 с.

4. Nagar R., Titov A., Bhati P. Vermicomposting of Leaflitters: Waytocon vertwasteinto Best. Int. J. Curr. Sci. 2017. 20(4). P. 25–30.

5. Сендецький В. М. Переробка органічних відходів у біогумус методом вермикультивування: зб. наукових праць ННЦ "Інститут землеробства УААН". 2009. Вип. 1–2. С. 50–55.

6. Mandal S., Chakravorty P. P., Kundu J. K. Relative Toxicity of two Selected Fungicides on Acid Phosphatase and Alkaline Phosphatase activity of Epigeic Earthworm Eisenia Fetida (Oligochaeta). World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development. 2017. 4(2). P. 14–17.

7. Альтернативне використання субстратів опалого листя у вермикультивуванні / О. С. Скіп та ін. CTAS.; Випуск 1. № 2. 2018. С. 74–79.

8. Карпець Н. П., Мельник І. А. Вермикультура – джерело нового ефективного добрива. Досягнення науки і техніки АПК. 1990. № 10. С. 17–19.

9. Penpinck R., Verdoncr O. Earthworm compost versus classic compost inhorticultural substrates. Connost Prod. Qual. And Use: Proc.,Symp., Udine, 17-19 Apr. 1986, London. 1987. P. 814–817.

10. Розробка екологічно безпечної технології для утилізації органічних відходів. Охорона довкілля: зб. наук. статей XIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Х: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2017. С. 110–113.

11. СОУ 24.15-37-506:2007 Добрива органічні. Біогумус. Виробництво. Типовий технологічний процес: К. Мінагрополітики України, 2007. 22 с.

12. Скіп О. С., Буцяк В. І., Печар Н. П. Активність ферментації субстратів за різного кількісного співвідношення компосту з опалого листя та гною ВРХ у процесі вермікультивування Eiseniafoetida. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. Львів, 2011. Т.13. № 4 (50). Ч. 2. С. 209–212.

13. Скіп О. С., Буцяк В. І., Печар Н. П. Технологічні властивості та хімічний склад опалого листя як субстрату для вермікультивування. Науковий вісник ЛНУ ВМБТ ім. С.З. Гжицького. Львів, 2011. Т. 13. № 2 (48). Ч. 1. С. 466–470.

14. Чміль А. І. Дослідження енергетичної ефективності процесу вермикультивування. "Енергетика і автоматика". № 4. 2018. С. 83–96.

15. Судецька О. Ефективність виробництва і застосування органічних добрив "біогумус" виготовлених методом вермикультивування. Вісник ТНЕУ. № 1. 2014. С. 164–170.

16. Риженко М. Використання продуктів вермивиробництва в сільському господарстві. Досягнення науки і техніки АПК. 1992. № 1.С. 15–18.

REFERENCES

1. Linnyk, M. K., Senchuk, M. M. (2012). Tekhnolohiyi i tekhnichni zasoby vyrobnytstva ta vykorystannya orhanichnykh dobryv: monohrafiya/ za red. doktora tekhnichnykh nauk, akademika NAAN V.V. Adamchuka [Technologies and technical means of production and use of organic fertilizers: monograph/ edited by Doctor of Technical Sciences, academician of NAAS V.V. Adamchuk]. Nizhin Publisher PP Lysenko M.M., 248 p. (In Ukrainian).

2. Shpyakina, A. I., Semenova, O. A., Semenova, O. I. Biotekhnolohichni metody pererobky vidkhodiv tvarynnytstva [Biotechnological methods of animal husbandry waste processing]. Ekolohiya i pryrodokorystuvannya v systemi optymizatsiyi vidnosyn pryrody i suspil′stva : materialy II mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, m. Ternopil′, 24-25 bereznya 2016 r [Ecology and nature management in the system of optimizing relations between nature and society: materials of the II international scientific and practical conference, Ternopil, March 24-25, 2016]. pp. 210–212. (In Ukrainian).

3. Sendets′kyy, V. M., Kolisnyk, N. M., Mel′nyk, I. P. (2010). Tekhnolohichni aspekty pererobky orhanichnykh vidkhodiv APK metodom vermykul′tyvuvannya [Technological aspects of the processing of organic agricultural waste by the method of vermiculture]. Ivano-Frankivsk: Foliant, 53 p. (In Ukrainian).

4. Nagar, R., Titov, A., Bhati, P. (2017). Vermicomposting of Leaflitters: Waytocon vertwasteinto Best. Int. J. Curr. Sci., 20(4), pp. 25–30.

5. Sendets′kyy, V. M. (2009). Pererobka orhanichnykh vidkhodiv u biohumus metodom vermykul′tyvuvannya: zb. naukovykh prats′ NNTS "Instytut

zemlerobstva UAAN" [Processing of organic waste into biohumus by the method of vermiculture: collection of scientific works of the Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences]. Issue 1–2, pp. 50–55. (In Ukrainian).

6. Mandal, S., Chakravorty, P. P., Kundu, J. K. (2017). Relative Toxicity of two Selected Fungicides on Acid Phosphatase and Alkaline Phosphatase activity of Epigeic Earthworm Eisenia Fetida (Oligochaeta). World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development, 4(2), pp. 14–17.

7. Skip, O. S., Butsyak, A. A., Havrylyak V. V., Shved, O. V., Butsyak, V. I. (2018). Al′ternatyvne vykorystannya substrativ opaloho lystya u vermykul′tyvuvanni [Alternative use of fallen leaf substrates in vermiculture]. CTAS, Issue 1, no. 2, pp. 74–79. (In Ukrainian).

8. Karpets′, N. P., Mel′nyk, Y. A. (1990). Vermykul′tura – dzherelo novoho efektyvnoho dobryva [Vermiculture is a source of new effective fertilizer.]. Dosyahnennya nauky i tekhniky APK [Achievements of agriculture science and technology]. no. 10, pp. 17–19. (In Ukrainian).

9. Penpinck, R., Verdoncr, O. (1987). Earthworm compost versus classic compost inhorticultural substrates. Connost Prod. Qual. And Use: Proc., Symp., Udine, 17-19 Apr. 1986, London. pp. 814–817.

10. Rozrobka ekolohichno bezpechnoyi tekhnolohiyi dlya utylizatsiyi orhanichnykh vidkhodiv [Development of environmentally safe technology for the disposal of organic waste]. Okhorona dovkillya: zb. nauk. statey KHIII Vseukrayins′kykh naukovykh Taliyivs′kykh chytan′ [Environmental protection: coll. of science of articles XIII of the All-Ukrainian scientific Talii readings]. Kh: KhNU named after V.N. Karazin, 2017, pp.110–113. (In Ukrainian).

11. SOU 24.15-37-506:2007 Dobryva orhanichni. Biohumus. Vyrobnytstvo. Typovyy tekhnolohichnyy protses: K. Minahropolityky Ukrayiny [SOU 24.15-37-506:2007 Organic fertilizers. Biohumus. Production. Typical technological process: K. of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine]. 22 p. (In Ukrainian).

12. Skip, O. S., Butsyak, V. I., Pechar, N. P. (2011). Aktyvnist′ fermentatsiyi substrativ za riznoho kil′kisnoho spivvidnoshennya kompostu z opaloho lystya ta hnoyu VRKH u protsesi vermikul′tyvuvannya Eiseniafoetida [Fermentation activity of substrates at different quantitative ratios of compost from fallen leaves and cattle manure in the process of vermiculture of Eiseniafoetida]. Naukovyy visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Hzhyts′koho [Scientific Bulletin of S.Z. Gzhitsky LNUVMBT]. Lviv, Vol. 13, no. 4 (50), Part 2, pp. 209–212. (In Ukrainian).

13. Skip, O. S., Butsyak, V. I., Pechar, N. P. (2011). Tekhnolohichni vlastyvosti ta khimichnyy sklad opaloho lystya yak substratu dlya vermikul′tyvuvannya [Technological properties and chemical composition of fallen leaves as a substrate for vermiculture]. Naukovyy visnyk LNU VMBT im. S. Z. Hzhyts′koho [Scientific bulletin of LNU VMBT named after S.Z. Gzytsky]. Lviv, Vol. 13, no. 2 (48), Part 1, pp. 466–470. (In Ukrainian).

14. Chmil′, A. I. (2018). Doslidzhennya enerhetychnoyi efektyvnosti protsesu vermykul′tyvuvannya [Energy efficiency research vermiculture process]. "Energy and automation", no. 4, pp. 83–96. (In Ukrainian).

15. Sudets′ka, O. (2014). Efektyvnist′ vyrobnytstva i zastosuvannya orhanichnykh dobryv "biohumus" vyhotovlenykh metodom vermykul′tyvuvannya [Efficiency of production and application of organic fertilizers "biohumus" produced by the method of vermiculture]. Visnyk TNEU [Herald of TNEU]. no. 1, pp. 164–170. (In Ukrainian).

16. Ryzhenko, M. (1992). Vykorystannya produktiv vermyvyrobnytstva v sil′s′komu hospodarstvi [Use of vermiculture products in agriculture]. Dosyahnennya nauky i tekhniky APK [Achievements of agriculture science and technology]. no. 1, pp. 15–18. (In Ukrainian).

Development of complex technology for the disposal of organic waste of an animal farm by vermicultivation

Senchuk M., Kharchyshyn V.

The article is about the complex technology of vermiculture on a livestock farm.

Recommendations for the introduction of complex vermiculture technology for the processing of livestock farm waste have been developed. For intensive breeding of earthworms, it is necessary to provide conditions for their optimal development:

- substrate temperature - 19-25 °C;
- humidity of the substrate - 75-80 %;
- carbon to nitrogen ratio - about 20;
- medium reaction, pH - 6.5-7.5.

The substrate from livestock farm waste must be fermented: in the warm period of the year for 2-3 months, and at low ambient temperatures - for 3-5 months using traditional composting methods.

The increase of coprolites in vermicompost in the process of vermiculture under optimal conditions for the development of earthworms was found depending on the vermiculture period of 20 days, 40 days, 60 days and the specific content of worms in the compost at the beginning of the process - 20 g per 1 kg of substrate, 40 g/kg, 60 g/kg.

Based on the results of the research, graphs were constructed that characterize the degree of coprolites content in vermicompost depending on the vermiculture period of 20 days, 40 days, 60 days and the specific content of worms at the beginning of the process - 20 g per 1 kg of substrate, 40 g/kg, 60 g / kg

It was determined that it takes 60 days to achieve 60% processing of livestock farm waste by earthworms for the specific content of worms at the beginning of the process - 20 g per 1 kg of substrate; 40 g/kg - 58 days, 60 g/kg - 53 days.

The practical experience of vermiculture and scientific research indicate that the duration of the processing of the substrate into biohumus in an open area depends on the climatic conditions and the quality of

the implementation of the technological regulations of vermiculture, which is mainly 3 months.

The substrate from livestock farm waste must be fermented: in the warm period of the year for 2-3 months, and at low ambient temperatures - for 3-5 months using traditional composting methods.

The presented methodical foundations of mechanized complex farms make it possible to carry out the calculations necessary for the processing of livestock farm waste to obtain biohumus and earthworm biomass.

The implementation of such a technology ecologically safely disposes of manure, straw and other waste of organic origin with the production of highly effective fertilizer - biohumus.

Key words: vermiculture, earthworms, biohumus, equipment, organic waste.

Copyright: Сенчук М.М., Харчишин В.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.

Наукове видання

Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

Збірник наукових праць

№ 1 (178) 2023

Редактор – Славінська О.В.
Комп'ютерне верстання: В.С. Мельник

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ№15169-3741Р від 03.03.2009 р. №1-05/1
Формат $60^{1}/_{8}$. Ум.др.арк.20,7. Тираж 300.
Підписано до друку 25.05.2023 р.
Видавець і виготовлювач:
Білоцерківський національний аграрний університет,
09117, Біла Церква, Соборна площа, 8/1, тел. 33-11-01,
e-mail: redakciaviddil@ukr.net
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 3984 від 17.02.2011 р.