

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

НАУКОВИЙ ВІСНИК

ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
імені С.З. ГЖИЦЬКОГО

Серія: ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

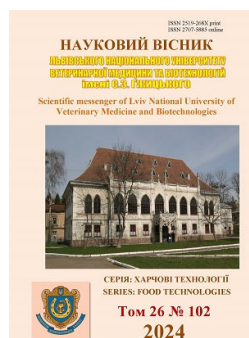


SCIENTIFIC MESSENGER
OF LVIV NATIONAL UNIVERSITY OF VETERINARY
MEDICINE AND BIOTECHNOLOGIES

SERIES: FOOD TECHNOLOGIES

Том 26 № 102
2024

Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Харчові технології	Scientific messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies
Засновник: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького <i>Свідectво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серія KB № 14133–3104 PR від 11.06.2008 року.</i>	Founder: Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv <i>Certificate of registration of print media Series KV number 14133–3104 PR from 11.06.2008 year</i>
Рік заснування: 1998 Мова видання: українська, англійська Рекомендовано до друку та поширення через мережу Інтернет Вченою радою Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького (протокол № 12 від 19 грудня 2024 року)	Year of foundation: 1998 Language edition: Ukrainian, English Recommended for printing and distribution via the Internet by the Academic Council of Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv (Minutes No. 12 of December 19, 2024)
Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 2058 <i>протокол № 18 від 13.06.2024 р.</i> <i>Ідентифікатор медіа – R30-05008</i>	Decision of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine No. 2058 <i>Minutes No. 18, dated 13.06.2024</i> <i>Media identifier – R30-05008</i>
Журнал входить до переліку наукових фахових видань України Категорія “Б”. Галузь науки – Технічні, спеціальність – 181 “Харчові технології”, (Наказ Міністерства освіти і науки України від 15 жовтня 2019 р. № 1301)	The journal is included in the list of professional publications of Ukraine Category “B”. specialty –181 “Food technologies”, (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine of October 15, 2019, No. 1301)
Журнал представлено у міжнародних наукометричних базах даних, репозитаріях та пошукових системах: Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Crossref, Електронний репозитарій Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького	The journal is presented international scientometric databases, repositories and scientific systems: Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Vernadsky National Library of Ukraine, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Crossref, Electronic repository of Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv
РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ Голова редакційної колегії: Б. В. ГУТИЙ, д.вет.н. (Україна) Заступники голови редакційної колегії О. М. ФЕДЕЦЬ, к.с.-г.н. (Україна) Відповідальний секретар Т. В. МАРТИШУК, к.с.-г.н. (Україна) Члени редакційної колегії В. М. АТАМАНЮК, д. т. н. (Україна) Л. В. БАЛЬ-ПРИЛИПКО, д. т. н. (Україна) Ю. Л. БІЛОНОГА, д. т. н. (Україна) О. Я. БІЛИК, к. т. н. (Україна) В. І. БУЦЯК, д. с.-г. н. (Україна) В. М. ВАНЬКО, д. т. н. (Україна) О. Т. ВОЗНЯК, д. т. н. (Україна) Г. В. ДРОНИК, д. б. н. (Україна) А. М. КОСТРУБА, д-р. ф.-м. н. (Україна) З. М. МИКИТЮК, д. т. н. (Україна) В. М. ПАСІЧНИЙ, д. т. н. (Україна) М. І. ПАШЕЧКО, д. т. н. (Республіка Польща) Б. І. СОКІЛ, д. т. н. (Україна) І. І. СІМОНОВА, к. т. н. (Україна) А. О. ФЕДОРЧУК, д. х. н. (Україна) А. В. ФЕЧАН, д. т. н. (Україна) Б. Р. ЦІЖ, д. т. н. (Україна) О. Й. ЦІСАРИК, д. с.-г. н. (Україна) М. С. ЯВОРСЬКИЙ, к. т. н. (Україна)	EDITORIAL BOARD Editor-in-Chief: B. GUTYJ, Dr. Vet. Sci. (Ukraine) Deputy Editors: O. FEDETS, Cand. Agr. Sci. (Ukraine) Executive Secretary: T. MARTYSHUK, Cand. Agr. Sci. (Ukraine) Editorial board V. ATAMANYUK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) L. BAL-PRYLYPKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) Y. BILONOHA, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) O. BILYK, Cand. Tech. Sci. (Ukraine) V. BUTSYAK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine) V. VANKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) O. VOZNYAK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) G. DRONYK, Dr. Biol. Sci. (Ukraine) A. KOSTRUBA, Dr. Phys.-Math. Sci. (Ukraine) Z. MYKYTYUK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) V. PASICHNYJ, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) M. PASHECHKO, Dr. Tech. Sci. (Poland) B. SOKIL, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) I. I. SIMONOVA, Cand. Tech. Sci. (Ukraine) A. FEDORCHUK, Dr. Chemical. Sci. (Ukraine) A. FECHAN, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) B. TSIZH, Dr. Tech. Sci. (Ukraine) O. TSISARYK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine) M. JAWORSKYJ, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)
Адреса редакції: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, м. Львів, Україна, 79010 тел. +38 (032) 2392622, +380681362054 E-mail: admin@lvet.edu.ua, bvh@ukr.net https://lvet.edu.ua	Editors office address: Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, 79010, Ukraine, Lviv, Pekarska str., 50 tel. +38 (032) 2392622, +380681362054 E-mail: admin@lvet.edu.ua, bvh@ukr.net https://lvet.edu.ua



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519-268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10201
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 636.4.084.421:636.33

The influence of extruded cereals in composition of combined feeds on the quality of the obtained pork

A. A. Polishuk¹, G. O. Birta², S. O. Usenko¹, A. M. Shostya^{1✉}, B. S. Shaferivskiy¹, M. O. Ilchenko¹,
L. M. Kuzmenko¹

¹Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

²Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine

Article info

Received 05.06.2024

Received in revised form

08.07.2024

Accepted 09.07.2024

Poltava State Agrarian University,
Skovorody Str., 1/3, Poltava,
36003, Ukraine.
Tel.: +38-067-573-25-98
E-mail: anatoliy.shostya@pdaa.edu.ua

Poltava University of Economics
and Trade, Kovalia Str., 3,
Poltava, 36014, Ukraine.

Polishuk, A. A., Birta, G. O., Usenko, S. O., Shostya, A. M., Shaferivskiy, B. S., Ilchenko, M. O., & Kuzmenko, L. M. (2024). The influence of extruded cereals in composition of combined feeds on the quality of the obtained pork. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 3–8. doi: 10.32718/nvlvet-f10201

Problems of saturating the diet of humans and animals with protein are solved in the areas of food, medical, social and economic technologies that ensure proper health and longevity. Solving the problem of increasing production and use of protein resources is aimed, first of all, at ensuring the country's food problem. This is achieved by increasing the volume of production of protein resources at the expense of plant and animal raw materials. The aim of the work was to determine the effectiveness of the effect of extruded soybeans and peas on the metabolic processes of pigs and the quality of the obtained pork. Pigs fed on corn-soy compound feed had higher average daily gains, had significantly ($P < 0.05$) 25 % higher average daily gains and 8.7 % lower feed costs per unit of gain compared to the control. The animals of other experimental groups, which were fed wheat-soybean and wheat-pea combined feed, also had probably higher productivity compared to the control group. After conducting a physiological balance experiment, it was established that different intensity of assimilation of certain substances by the body of pigs depends on the structure of the diet. The highest biological availability of phosphorus was observed from wheat-pea compound feed. When examining the slaughter qualities of experimental animals relative to intact ones, the fat thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae was lower by 10.5 % in representatives of the fourth group and higher by 13.4 % in the second group. The data obtained after the control slaughter of the animals indicate a slight variation in the weight of the carcass from 10.08 to 10.59 kg, where the first indicator was found in the animals of the 4th group, and the second – in the second group. During the analysis of lard samples, a decrease in the amount of total moisture was observed compared to intact animals of the 3rd group by 4.5 %, as well as a predominance of representatives of the 2nd and 4th groups, respectively, by 5.7 % and 5.3 %. According to the indicators of the iodine number and the refractive index, no significant difference between the studied groups was established. Determination of the parameters of the initial melting temperature of lard showed its minimum value in animals of the intact group, and the maximum value in the 4th group, where the difference between them was 5.0 %.

Key words: soy, peas, slaughter qualities, lard, diet structure, metabolic processes.

Вплив екструдованих зернобобових культур у складі комбікормів на якість отриманої свинини

А. А. Полішук¹, Г. О. Бірта², С. О. Усенко¹, А. М. Шостя^{1✉}, Б. С. Шаферівський¹, М. О. Ільченко¹,
Л. М. Кузьменко¹

¹Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

²Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава, Україна

Проблеми насичення раціону людини і тварин білком вирішуються в напрямках харчових, медичних, соціально-економічних технологій, які забезпечують належний стан здоров'я, а також тривалість їх життя. Вирішення проблеми нарощування обсягів виробництва та використання білкових ресурсів спрямоване насамперед на забезпечення продовольчої проблеми країни. Це досягається збільшенням обсягів виробництва білкових ресурсів за рахунок рослинної і тваринної сировини. Метою роботи було визначення ефективності впливу екструдованої сої та гороху на обмінні процеси у свиней та якість отриманої свинини. Свині, які відгодовувались на кукурудзяно-соевому комбікормі, мали вищі на 25 % ($P < 0,05$) середньодобові прирости і нижчі на 8,7 % витрати кормів на одиницю приросту порівняно з контролем. У тварин інших дослідних груп, яким згодовували пшенично-соеві і пшенично-горохові комбікорми, також була вірогідно вища продуктивність щодо контрольної групи. Після проведеного фізіологічного балансового досліді було встановлено різну інтенсивність засвоєння окремих речовин організмом свиней залежно від структури раціону. Найбільша біологічна доступність фосфору спостерігалась із пшенично-горохових комбікормів. При дослідженні забійних якостей піддослідних тварин щодо інтактних товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців була меншою на 10,5 %, ніж представників четвертої групи та вищими на 13,4 %, ніж другої групи. Отримані дані після контрольного забій тварин свідчать про незначне варіювання показників маси окосту від 10,08 до 10,59 кг, де перший показник було виявлено у тварин 4-ї групи, а другий – другої групи. Під час аналізу зразків сала спостерігалось зменшення кількості загальної вологи порівняно з інтактними тваринами 3-ї групи на 4,5 %, а також переважання у представників 2-ї і 4-ї груп відповідно на 5,7 % та 5,3 %. За показниками йодного числа і коефіцієнта рефракції суттєвої різниці між досліджуваними групами не встановлено. Визначення показників початкової температури плавлення сала показало її мінімальне значення у тварин інтактною групи, а максимальний у 4-ї групі, де різниця між ними складала 5,0 %.

Ключові слова: соя, горох, забійні якості, сало, структура раціону, обмінні процеси.

Вступ

Людство перебуває в постійному пошуку вирішення проблеми забезпечення населення повноцінними білками, які є основою існування життя на планеті (Yulevych et al., 2017; Yulevych, 2017; Susol et al., 2020; Shaferivs'kyi, 2022). Це стимулює до збільшення обсягів виробництва білковомісних продуктів – зернових і зернобобових, білково-олійного насіння, яєць, молока та м'яса (Ibatullin et al., 2016; Ibatullin & Zhukors'kyi, 2017; Kulyk & Krasnosel's'ka, 2017; Chudak et al., 2021).

При цьому у виробництві збалансованих за амінокислотним складом продуктів, зокрема м'яса, провідна роль належить зернобобовим культурам – сої та гороху (Ewan, 1986; Velayudhan et al., 2015; Kulyk & Krasnosel's'ka, 2017; Cherniavskiy et al., 2019; Bomko et al., 2020). Це досягається насамперед за рахунок перетворення кормового білка у харчові продукти, що дозволить оперативнo й істотно збільшити об'єми виготовленої продукції, забезпечити високу якість м'ясопродуктів та гарантувати економічні переваги (Kuz'menko, 2016; Bindyuh & Shaferivs'kyi, 2018; Berzhnyuk et al., 2018).

В умовах сьогодення високобілкової сировини рослинного походження (горох, соя) належить провідне значення у нарощуванні обсягів виробництва продукції свинарства (Bankovska, 2005; Pidtereba & Smyslov, 2010; Avdosieva et al., 2018; Voloshchuk, 2018; Bomko, 2018). Це досягається за рахунок використання в раціонах свиней сумішей амінокислот лізину, метіоніну та глютамінової кислоти на фоні збалансованого раціону з кукурудзи, екструдованого гороху і сої, позитивно впливає на хімічний склад м'яса й печінки, що проявляється в підвищенні вмісту білка і тенденції до зниження вмісту жиру, збільшення маси парної туші свиней (Pidtereba et al., 2011; Lavrynyuk & Burlaka, 2016; Ovsiyenko, 2019; Tkachenko, 2021).

Однак залишається актуальним проведення досліджень із вивчення впливу сої та гороху на якість продукції свинарства, а також організму свиней як модельних тварин при вивченні окремих процесів, аналогічних для людини (Saprykin & Linnyk, 2012;

Maystrenko & Dimchya, 2017; Kucheryavyy et al., 2018; Cherevko et al., 2023).

Мета дослідження

У зв'язку з цим метою роботи було визначення ефективності впливу екструдованої сої та гороху на обмінні процеси у свиней та якість отриманої свинини.

Матеріал і методи досліджень

У експерименті використано 40 голів свиней в період відгодівлі з 4- до 7-місячного віку, яких було згруповано у групи за принципом аналогів: живою масою і породою належністю. Тварини було згруповано на 4 групи по 10 голів в кожній. Тварини 1-ї групи отримували комбікорм із основного раціону; 2-ї групи – кукурудзяно-соевий комбікорм; 3-ї – пшенично-соевий комбікорм; 4-ї групи – пшенично-гороховий. По досягненні молодняком живої маси 100 кг проводили забій тварин для вивчення їхніх забійних і м'ясо-сальних якостей. Забійні якості визначали за показниками – товщини шпигу над 6–7 груднини хребцями, площею “м'язового вічка”, масою окосту (Prytul's'ka & Rudavs'ka, 2007; Pidtereba & Smyslov, 2010; Man'kovs'kyi & Antonyuk, 2014). Аналіз якості м'яса проводили за такими показниками: вміст загальної вологи, золи, протеїну і жиру (Kraynyuk, 2023). Якість сала оцінювали за такими фізико-хімічними показниками: вміст загальної вологи і сухої речовини, йодне число, коефіцієнт рефракції, температура плавлення (початкова, кінцева) (Miaso ta miasni produkty).

Одержані результати експериментальних досліджень були опрацьовані методами варіаційної статистики за допомогою прикладної програми MS Excel 2003 (Kramarenko et al., 2019).

Результати та їх обговорення

Встановлено, що свині, які відгодовувались на кукурудзяно-соевому комбікормі, мали вірогідно ($P < 0,05$) вищі на 25 % середньодобові прирости і нижчі на 8,7 % витрати кормів на одиницю приросту порів-

няно з контролем. Тварини інших дослідних груп, яким згодовували пшенично-соеві і пшенично-горохові комбікорми, також мали вірогідно вищу продуктивність щодо контрольної групи. Це, очевидно, обумовлено високою якістю протеїну завдяки екструдуванню сої і гороху і внаслідок структурних змін лігнінового комплексу (табл. 1).

Отримані дані після проведення фізіологічного балансового дослідження свідчать про різну інтенсивність засвоєння окремих речовин організмом свиней залежно від структури раціону (рис. 1). Зокрема, дані тварини найкраще засвоювали азот та кальцій із раціонів, до складу яких входили кукурудзя і соя. При цьому найбільша біологічна доступність фосфору спостерігалась із пшенично-горохових комбікормів.

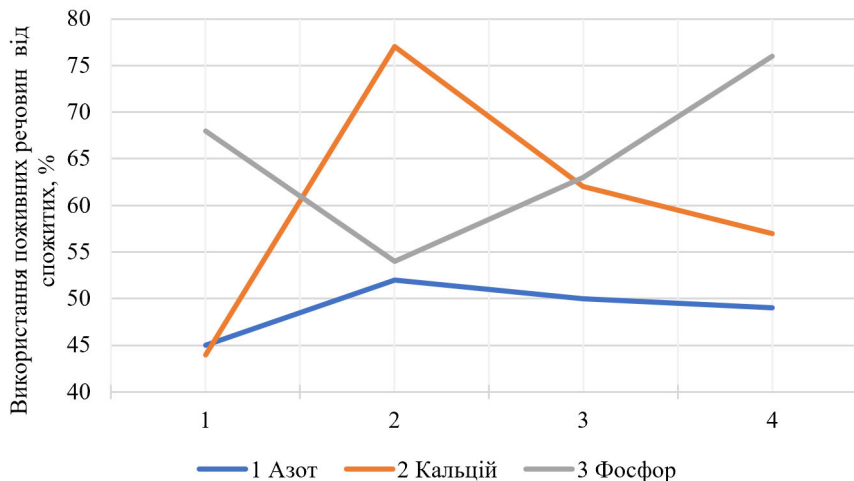


Рис. 1. Використання азоту, кальцію і фосфору при вивченні двокомпонентних комбікормів

Групи	Склад комбікорму
1	Стандартний комбікорм
2	Кукурудзяно-соевий комбікорм
3	Пшенично-соевий комбікорм
4	Пшенично-гороховий комбікорм

Дослідження забійних якостей піддослідних тварин свідчать, що порівняно з інтактними тваринами товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців була мен-

шою на 10,5 %, ніж представників четвертої групи та вищими на 13,4 %, ніж другої групи (табл. 1). За площею “м’язового вічка” максимальними показниками характеризувались підсвинки другої групи, а мінімальними третьої, де міжгрупова різниця склала 5,8 %.

Отримані дані після контрольного забій тварин свідчать про незначне варіювання показників маси окосту від 10,08 до 10,59 кг, де перший показник було виявлено у тварин 4-ї групи, а другий – другої групи.

Таблиця 1

Результати обвалки туш та фізико-хімічні показники м’яса і сала піддослідних тварин, $M \pm m$

Показник	Піддослідні групи			
	1 n = 3	2 n = 4	3 n = 4	4 n = 4
Товщина шпигу над 6–7 груднини хребцями, см	3,13 ± 0,31	3,55 ± 0,28	3,30 ± 0,03	2,80 ± 0,36
Площа “вічка”, см	34,53 ± 1,80	36,15 ± 1,85	34,05 ± 1,16	35,60 ± 1,16
Маса окосту, кг	10,57 ± 0,25	10,59 ± 0,21	10,20 ± 0,25	10,08 ± 0,57
М’ясо				
Загальна волога, %	75,99 ± 0,25	74,91 ± 0,40	76,30 ± 0,51	76,77 ± 0,55
Зола, %	1,17 ± 0,02	1,11 ± 0,05	1,15 ± 0,03	1,18 ± 0,02
Протеїн, %	20,14 ± 0,21	21,22 ± 0,22	20,07 ± 0,37	19,56 ± 0,19
Жир, %	2,50 ± 0,04	2,46 ± 0,01	2,26 ± 0,26	2,34 ± 0,30
Сало				
Загальна волога, %	2,45 ± 2,95	2,59 ± 0,35	2,34 ± 2,40	2,58 ± 0,19
Йодне число,	61,99 ± 2,81	62,11 ± 0,42	62,40 ± 0,49	62,28 ± 0,44
Коефіцієнт рефракції	1,4596	1,4598	1,4595	1,4596
Температура плавлення, °C				
Початкова	30,30 ± 0,60	31,00 ± 0,33	31,20 ± 0,49	31,80 ± 0,95
Кінцева	41,70 ± 1,09	43,40 ± 0,55	43,00 ± 0,41	43,00 ± 0,70

Найменш насиченим водою було м’ясо у тварин 2-ї групи, а більше води виявлено у 4-ї групи. При цьому вміст золи істотно не відрізнявся від зразків

даної тканини. Однак кількість протеїну істотно варіювала залежно від споживання різних білкових кормів. Так, вміст протеїну у м’ясі свиней 2-ї групи сут-

тево переважав на 5,4 % кількість цієї речовини у представників контрольної групи. Важливо зазначити, що найбільша різниця – 8,5 % у концентраціях була встановлена між ровесниками 4-ї та 2-ї груп, де даний показник переважав на користь останнього.

Структура раціону впливала на вміст жиру в м'язовій тканині. Це насамперед проявлялося в істотному накопиченні жиру у свиней (2-ї групи), які споживали корми із високим вмістом кукурудзи і сої, а використання пшенично-соевих компонентів зменшувало кількість даної речовини у цій тканині.

Аналіз зразків сала засвідчив зменшення кількості загальної вологи порівняно з інтактними тваринами 3-ї групи на 4,5 %, а також переважання у представників 2-ї і 4-ї груп відповідно на 5,7 % та 5,3 %. Не встановлено суттєвої різниці між досліджуваними групами за показниками йодного числа і коефіцієнта рефракції (Ibatullin et al., 2007; Kulyk & Krasnosel's'ka, 2017; Maystrenko & Dimchya, 2018; Chudak et al., 2021).

Визначення показників початкової температури плавлення сала показало її мінімальне значення у тварин інтактною групи, а максимальний у 4-й групі, де різниця між ними склала 5,0 %.

Понад 60 % кормів, що використовуються у свиначстві, витрачається на відгодівельний молодняк свиней. Тому ефективність їх вирощування, а отже собівартість свинини, значною мірою залежить від правильної організації технології годівлі тварин та збалансованості раціонів (Babych & Babych-Poberezhna, 2011). Серед поживних речовин корму високовартісним був і залишається на сьогодні сирий протеїн (білок), а його нестача у раціонах сільськогосподарських тварин постійно відчувається через низку об'єктивних причин: зменшення у світі резерву кормів тваринного походження (рибного виробництва, відходів м'ясопереробних підприємств), білок яких за якісним складом найбільше задовольняє потреби живого організму; зниження поживної цінності білків рослинного походження внаслідок негативних змін у екосистемі, пов'язаних з урбанізацією суспільства; зростання потреб білкових продуктів харчування за умов демографічних проблем у світі (Kombikormy..., 2003; Petrychenko et al., 2010; Kuz'menko, 2013; Kulyk & Krasnosel's'ka, 2017; Kucheryavyy et al., 2018).

Контрольний забій дослідних тварин показав, що тварини всіх трьох дослідних груп, яким згодовували кормові боби, мали кращі показники порівняно з контрольною групою.

Результати досліджень щодо вивчення обміну речовин показали, що коефіцієнти перетравності поживних речовин комбікормів були досить високими у тварин всіх груп, але перетравність протеїну, жиру і клітковини була кращою в дослідних групах, які одержували двокомпонентні комбікорми. Насамперед це обумовлено високою якістю протеїну комбікормів завдяки екструдуванню сої і гороху, а також внаслідок структурних змін лігнінового комплексу, що відбуваються при цьому технологічному процесі переробки.

Висновки

1. Встановлено, що свині, які відгодовувались на кукурудзяно-соевому комбікормі, мали вищі середньодобові прирости ($P < 0,05$) на 25 %, нижчі на 8,7 % витрати кормів на одиницю приросту та краще засвоювали азот і кальцій із раціонів. М'ясо свиней, які отримували даний раціон, характеризується меншим вмістом вологи, більшим протеїном і вмістом жиру.

2. У тушах свиней, яких годували пшенично-гороховим комбікормом, товщина шпиків на рівні 6–7 грудних хребців була меншою на 10,5 % порівняно з представниками четвертої групи і вищими за площею “м'язового вічка” та масою окосту. У салі цих тварин виявлено високий вміст загальної вологи, а також початкову і кінцеву температури плавлення.

Перспективи подальших досліджень. Збалансоване амінокислотне живлення та науково обґрунтовані енергетичні, мінеральні та вітамінні раціони підвищують продуктивність свиней на вирощуванні та відгодівлі на 20–25 %.

Тому пошук оптимальних варіантів годівлі, інтенсифікації виробництва свинини з використанням різних раціонів та типів годівлі свиней, підбір відповідних інгредієнтів і приготування кормів є перспективним напрямком наших подальших досліджень та полягає у розробці шляхів і методів підвищення організації повноцінної годівлі свиней різних виробничих груп.

Відомості про конфлікт інтересів

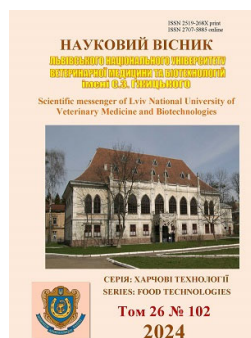
Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Avdosieva, I. K., Temnenko, S. M., Protsyk, Ya. M., Fialkovskyi, M. I., & Poliuzhyn, I. P. (2018). Kormovi dobavky roslynnoho pokhodzhennia – alternatyva antybiotykom. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten derzhavnoho naukovo-doslidnoho kontrolnoho instytutu vetpreparativ ta kormovykh dobavok instytutu biolohii tvaryn*, 19(2), 48–58. URL: <https://www.scivp.lviv.ua/wp-content/uploads/2021/09/9-1.pdf> (in Ukrainian).
- Babych, A. O., & Babych-Poberezhna, A. A. (2011). *Selektsiya, vyrobnytstvo, torhivlya i vykorystannya soyi u sviti*. Kyiv: Ahrarna nauka. URL: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=16879704765471358746&hl=en&oi=scholar> (in Ukrainian).
- Bankovska, I. B. (2005). *Modyfikatsiia metodu vyznachennia volohoutrymuiuchoi zdatnosti miasa. Suchasni metodyky doslidzhen u svynarstvi*. Poltava, 156–157 (in Ukrainian).
- Berezhnyuk, N. A., Tsaruk, L. L., & Chornolata, L. P. (2018). Obmin kaliyu u svynei za vykorystannya u ratsionakh biolohichno aktyvnykh dobavok. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi*, 2(101), 14–22. URL: <http://techfood.vsau.org/storage/articles/May2021/5yELeQwn2t78pml10sFO.pdf> (in Ukrainian).
- Bindyuh, D. O., & Shaferivs'kyi, B. S. (2018). Okremi aspekty pidvyshchennya efektyvnosti hodivli svynei.

- Aktual'ni pytannya tekhnolohiyi produktsiyi tvarynnystva: zb. statey za rezul'tatamy III Vseukrayins'koyi nauk.-prakt. Internet konf., Poltava, 128–137 (in Ukrainian).
- Bomko, V. S. (2018). Vplyv mineral'noyi kormovoyi dobavky na produktyvnist' molodnyaku svyney. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi: zbirnyk naukovykh prats'*. Vinnytsya, 3(102), 38–46 (in Ukrainian).
- Bomko, V., Kuzmenko, O., & Horchanok, A. (2020). Chelates in young pigs mixed feed and their influence on productivity. Aktual'ni problemy pidvyshchennya yakosti ta bezpeka vyrobnytstva y pererobky produktsiyi tvarynnystva: materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Dnipro, 11–13 (in Ukrainian).
- Cherevko, O. I., Kraynyuk, L. M., & Kasilova, L. O. (2023). Metody kontrolyu yakosti kharchovoyi produktsiyi: navchal'nyy posibnyk. Kharkivs'kyi derzhavnyy universytet kharchuvannya ta torhivli, SNAU. Sumy: Universytets'ka knyha (in Ukrainian).
- Cherniavskiy, O., Babenko, S., Bomko, V., Dyachenko, L., Slomchynskiy, M., Chernyuk, S., Kuzmenko, O., Tytariova, O., Horchanok, A., Polishchuk, V., Bilkevych, V., Polishchuk, S., & Ponomarenko, N. (2019). Productivity and mineral exchange in the body of young pigs when feeding probiotics. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 220–225. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/1295/1/10.pdf>.
- Chudak, R. A., Poberezhets', Yu. M., Ushakov, V. M., & Babkov, Ya. I. (2021). Vplyv kormovykh dobavok ta kombikormiv na produktyvnist' ta yakist' m'yasa u svyney: Monohrafiya. Vinnytsya: RVV VNAU (in Ukrainian).
- Ewan, R. C. (1986). Utilisation of energy from soybean products by young pigs. *World Soybean Research Conference III*, 147–152. URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429267932-38/utilization-energy-soybean-products-young-pigs-ewan>.
- Ibatullin, I. I., & Zhukors'kyi, O. M. (2017). Metodolohiya ta orhanizatsiya naukovykh doslidzhen' u tvarynnystv. Kyiv, Ahrarna nauka (in Ukrainian).
- Ibatullin, I. I., Bashchenko, M. I., Zhukors'kyi, O. M. ta in. (2016). Dovidnyk z povnotsinnoyi hodivli sil's'kohospodars'kykh tvaryn. Kyiv: Ahrarna nauka (in Ukrainian).
- Ibatullin, I. I., Mel'nychuk, D. O., & Bohdanov, H. O. (2007). Hodivlya sil's'kohospodars'kykh tvaryn. Vinnytsya: Nova Knyha (in Ukrainian).
- Kombikormy povnoratsionni dlya svyney (2003). Tekhnichni umovy: DSTU 4124-2002. [Chynnyy vid 2004-01-01]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, (Natsional'nyy standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Kramarenko, S. S., Luhovyy, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsiyi tvaryn: navchal'nyy posibnyk. Mykolayiv: MNAU. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6208> (in Ukrainian).
- Kraynyuk, L. M. (2023). Metody kontrolyu produktsiyi tvarynnystva ta roslynykh zhyriv: navchal'nyy posibnyk. 2-he vyd., pererob. I dop. Sumy: VTD “Universytet's'ka knyha” (in Ukrainian).
- Kucheryavyy, V., Trachuk, Ye. H., & Tkachenko, T. Yu. (2018). Vplyv doslidzhuvanoho preparatu na vidhodivel'ni ta m'yasni yakosti svyney. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi*, 3(102), 56–64. URL: <http://www.vsau.vin.ua/repository/card.php?lang=en&id=19266> (in Ukrainian).
- Kulyk, M. F., & Krasnosel's'ka, M. P. (2017). Zabiyni pokaznyky svyney pry vykorystanni v hodivli ekstrudovanoyi soyi v poyednanni z biolohichno mineral'noyu dobavkoyu na osnovi lizynu i saponitu. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi*, 1, 51–59. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/anxt_2017_1_9 (in Ukrainian).
- Kuz'menko, L. M. (2013). Efektyvnist' kombikormiv z sonyashnykovym shrotom pidvyshchenoyi kormovoyi tsinnosti ta riznoyu strukturoyu zernovoyi hrupy u hodivli molodnyaku svyney. *Svynarstvo. Mizhvid. temat. nauk. zb. Instytutu svynarstva i APV*, 62, 176–181. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/svun_2013_62_39 (in Ukrainian).
- Kuz'menko, L. M. (2016). Biolohichna povnotsinnist' svynyny zalezno vid rivnya sonyashnykovoho shrotu v ratsionakh. *Svynarstvo. Mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk Instytutu svynarstva i APV. Poltava: TOV “Firma “Tekhservis”*, 68, 123–130. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/svun_2016_68_21 (in Ukrainian).
- Lavrynyuk, O. O., & Burlaka, V. A. (2016). Bobovi kormy v ratsionakh svyney: monohrafiya. Zhytomyr: Ruta (in Ukrainian).
- Man'kovs'kyi, A. Ya., & Antonyuk, T. A. (2014). Tekhnolohiya produktiv zaboyu tvaryn: pidruchnyk. Kyiv: Ahrosvita (in Ukrainian).
- Maystrenko, A. N., & Dimchya, H. H. (2017). Vplyv riznykh kormovykh dobavok na rist ta produktyvnist' remontnykh svynok. *Naukovyy zhurnal. Zernovi kul'tury, Dnipro*, 1(1), 154–158. URL: <https://institut-zerna.com/library/magazine1/35.pdf> (in Ukrainian).
- Maystrenko, A. N., & Dimchya, H. H. (2018). Otsinka vplyvu kormovykh dobavok na produktyvni yakosti pidsysnykh svynomatok ta yikh potomstva. *Naukovyy zhurnal. Zernovi kul'tury*, 2(2), 386–392 (in Ukrainian).
- Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennya vmistu volohy (kontrol'nyy metod) (ISO 1442: 1997, IDT): DSTU ISO 1442: 2005. [Chynnyy vid 2008-01-01]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2007. (Natsional'nyy standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennya zahal'noho vmistu fosforu (kontrol'nyy metod) (ISO 2294:1974, IDT): DSTU ISO 2294: 2005. [Chynnyy vid 2008-01-01]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2007. (Natsional'nyy standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennya zahal'noho vmistu zhyru (ISO 1443: 1973, IDT): DSTU ISO 1443: 2005. [Chynnyy vid 2008-01-01]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2007. (Natsional'nyy standart Ukrayiny) (in Ukrainian).
- Miaso ta miasni produkty. Vyznachennya rN (kontrol'nyy metod) (ISO 2917: 1997, IDT): DSTU ISO 2917: 2001. [Chynnyy vid 2003-01-01]. Kyiv.: Derzhavnyy

- komitet Ukrainy z pytan' tekhnichnoho rehulyuvannya ta spozhyvchoyi polityky. (Natsional'nyy standart Ukrainy) (in Ukrainian).
- Ovsiienko, S. M. (2019). Produktivnist' svyney ta yakist' svynyny za z'hodovuvannya ekstrudovanoho horokhu. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi: Zb. nauk. pr. VNAU*, 3(106), 23–34. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=22188> (in Ukrainian).
- Petrychenko, V. F., Kulyk, M. F., Mel'nyk, Yu. Yu. ta in. (2010). Vykorystannya bobiv soyi v hodivli svyney, telyat i ptytsi: rekomendatsiyi. Vinnytsya: Instytut kormiv NAAN Ukrainy (in Ukrainian).
- Pidtereba, O. I., & Smyslov, S. Yu. (2010). Zbalansovanist' ratsioniv – zaporuka prybutkovosti svynarstva. *Svynarstvo*, 58, 90–94. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/svun_2010_58_17 (in Ukrainian).
- Pidtereba, O. I., Smyslov, S. Yu., & Odaryuk, M. M. (2011). Prohnozuvannya efektyvnosti vedennya haluzi svynarstva pry riznomu rivni balansuvannya ratsioniv. *Svynarstvo*, 59, 84–89 (in Ukrainian).
- Polishchuk, A. A., Kuz'menko, L. M., & Semenov, S. O. (2017). Ekonomichna hodivlya svyney z vykorystanniam vlasnykh kormovykh resursiv. Rozrobka ta vdoskonalennya enerhetychnykh system z urakhuvanniam nayavnoho potentsialu al'ternatyvnykh dzherel enerhiyi: kolektyvna monohrafiya, 175–195 (in Ukrainian).
- Prytul's'ka, N. V., & Rudavs'ka, H. B. (2007). Prodo- vol'chi tovary: laboratornyy praktykum. Kyiv: Nats. torh.-ekon. un-t. (in Ukrainian).
- Saprykin, V., & Linnyk, V. (2012). Ekstrudovana soya v hodivli svyney na doroshchuvanni. *Tvarynnytstvo Ukrainy*, 12, 34–36 (in Ukrainian).
- Shaferivs'kyi, B. S. (2022). Biotekhnolohichni pidkhody pererobky pshenychnykh vysivok v kharchovi produkty ta dobavky. *Innovatsiyni ta resursozberihayuchi tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv: materialy II Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi*. Poltava: PDAU, 59–62 (in Ukrainian).
- Susol, R., Harmatyuk, K., & Tkachenko, I. (2020). Dynamika zmin zhyvoyi masy ta osoblyvosti rostu ta rozvytku molodnyaku svyney riznoho pokhodzhennya. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 97, 153–161. DOI: 10.37000/abbsl.2020.97.19 (in Ukrainian).
- Tkachenko, T. Y. (2021). Vysokyy vmist lizynu v kormovomu ratsioni syroho proteyinu v poyednanni z sylosnym zernom kukurudzy ye faktorom vysokoyi produktyvnosti molodnyaku svyney. *Nimets'kyi mizhnarodnyy zhurnal suchasnoyi nauky*, 7(1), 12–15 (in Ukrainian).
- Velayudhan, D. E., Kim, I. H., & Nyachoti, C. M. (2015). Characterization of dietary energy in Swine feed and feed ingredients: a review of recent research results. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 28(1), 1–13. DOI: 10.5713/ajas.14.0001R.
- Voloshchuk, O. V. (2018). Osoblyvosti obminu rechovyn chystoporodnoho i pomisnoho molodnyaku svyney. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 1(71). DOI: 10.31548/dopovidi2018.01.024 (in Ukrainian).
- Yulevych, O. I. (2017). Nezaminni aminokysloty v ratsionakh hodivli vidluchenykh porosyat. *Visnyk ah-rarnoyi nauky Prychornomorya*, 2(2), 126–132. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vanp_2015_2%28%29_22 (in Ukrainian).
- Yulevych, O. I., Lykhach, A. V., & Dekhtyar, Yu. F. (2017). Efektyvnist' vykorystannya probiotykv u hodi-vli pomisnykh porosyat na doroshchuvanni. *Naukovyy visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu vet-erynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy imeni S. Z. Gzhyts'koho*, 19(74), 91–94. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnuvmbcgn_2017_19_74_22 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519-268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10202
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 664-021.414:613:292:[378.091:796.077]

Innovative sports nutrition is the basis of sports results

A. Salavelis, S. Pavlovsky[✉], M. Molodan

Odessa National Technological University, Odessa, Ukraine

Article info

Received 10.06.2024
Received in revised form
11.07.2024
Accepted 12.07.2024

Odessa National Academy of Food
Technologies, Kanatna Str., 112,
Odessa, 65039, Ukraine.
Tel.: +38-050-236-81-88
E-mail: info@ontu.edu.ua

Salavelis, A., Pavlovsky, S., & Molodan, M. (2024). Innovative sports nutrition is the basis of sports results. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 9–13. doi: 10.32718/nvlvet-f10202

The article is devoted to the problem of organizing a balanced, rational diet and developing recommendations for organizing the diet of young people who are actively engaged in amateur or professional sports. In the article, the authors analyze the problems of organizing appropriate nutrition for athletes, the demand and recommendations of domestic and foreign specialists in solving this problem. Also, the article discusses the main tasks that the athlete solves when preparing and adjusting the diet, taking into account both the physics of the load and the modern achievements of nutrition science in this direction. The purpose of the work is to analyze the current state of nutrition of students who are actively engaged in amateur or professional sports based on the analysis of the results of research and student questionnaires on nutrition issues, the development of recommendations regarding publicly available informativeness about the peculiarities of the relationship between the types of food products and their digestion time, conditions and place of digestion basic food ingredients and thereby improving the nutrition of such youth. In the course of the study, the authors conducted a questionnaire survey about the eating habits and nutritional preferences of modern youth, determined the nutrition regimes, products and dishes as the main source of vital components to support the athlete's body during the training period and the rest period. Statistical processing of the obtained results showed a high degree of awareness of students, especially athletes, about balanced and rational nutrition, the importance of the main food components in achieving sports performance. The article analyzes express nutrition, that is, specialized sports nutrition products with targeted action – protein cocktails, gainers, and sports bars of various recipes. The authors analyzed some non-traditional additives and innovative products, based on which several recipes and technologies for the production of specialized sports nutrition bars of two types – protein-carbohydrate and carbohydrate-protein, prepared on the basis of natural domestic raw materials, were developed and protected by patents. The work presents the chemical composition and caloric content of the main food products that are part of many specialized sports nutrition bars, as well as recommendations for the use of gainers and sports bars in the daily diet of students. This will allow you to regulate the overall composition of the set of food products and balance the diet taking into account the intensity of physical activity of students who are actively engaged in amateur or professional sports.

Key words: nutrition system, athletes, students, rational nutrition, proteins, fats, carbohydrates, gainers, chitosan, green tea.

Інноваційне спортивне харчування – основа спортивних результатів

А. Д. Салавеліс, С. М. Павловський[✉], М. М. Молодан

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

Стаття присвячена проблемі організації збалансованого раціонального харчування та розробці рекомендацій для організації режиму харчування молоді, яка активно займається аматорським або професійним спортом. Автори статті аналізують проблеми організації відповідного харчування спортсменів, попит та рекомендації вітчизняних та зарубіжних фахівців у вирішенні цієї проблеми. Також розглянуті основні завдання, які вирішує спортсмен при складанні та коригуванні раціону харчування з урахуванням як фізики навантаження, так і сучасних досягнень нутриціології у цьому напрямі. Метою роботи є аналіз сучасного стану харчування студентів, які активно займаються аматорським або професійним спортом на підставі аналізу результатів

досліджень та анкетування студентів з питань харчування, розробка рекомендацій стосовно загальнодоступної інформативності про особливості взаємозв'язку видів харчових продуктів з часом їх перетравлення, умовами та місцем перетравлення основних харчових інгредієнтів та поліпшення таким чином харчування такої молоді. У ході дослідження авторами проведено анкетоване опитування про харчові звички та переваги у харчуванні сучасної молоді, визначено режими харчування, продукти і страви як основне джерело життєво необхідних компонентів для підтримки організму спортсмена у тренувальний період і період відпочинку. Статистична обробка отриманих результатів показала високий ступінь інформованості студентів, особливо спортсменів, про збалансоване та раціональне харчування, значення основних харчових складових у досягненні спортивної результативності. У статті проаналізовано експрес-харчування, тобто спеціалізовані продукти спортивного харчування цілеспрямованої дії – протеїнові коктейлі, гейнери та спортивні батончики різного рецептурного складу. Авторами проаналізовані деякі нетрадиційні добавки та інноваційні продукти, на основі яких були розроблені та захищені патентами кілька рецептур та технологій виробництва спеціалізованих батончиків спортивного харчування двох напрямків – білково-вуглеводні та вуглеводно-білкові, приготовлені на основі натуральної вітчизняної сировини. В роботі подано хімічний склад та калорійність основних харчових продуктів, які входять до складу багатьох спеціалізованих батончиків спортивного харчування, а також надано рекомендації щодо використання у щоденному раціоні харчування студентів гейнерів та спортивних батончиків. Це дозволить регулювати загальний склад набору харчових продуктів та збалансувати раціон харчування з урахуванням інтенсивності фізичного навантаження студентів, які активно займаються аматорським або професійним спортом.

Ключові слова: система харчування, спортсмени, студенти, раціональне харчування, білки, жири, вуглеводи, гейнери, хітозан, зелений чай.

Вступ

Сучасний спорт є складною комплексною системою взаємозалежних і рівнозначних складових – режиму тренувань, режиму відпочинку – відновлення та режиму харчування. Розробка багатоступеневої програми підготовки спортсмена заснована на базових знаннях анатомії та фізіології як основи анаболічних процесів в організмі людини, а також хімії та біохімії як основи харчової індустрії (Spronk et al., 2015; Latyshev et al., 2023).

Спортивні досягнення практично неможливі без правильної організації режиму харчування та підбору спеціалізованих харчових продуктів, важливих не тільки для збереження здоров'я, а й для досягнення високих спортивних результатів (Kostiukevych, 2007; Uboda et al., 2010).

Високопрофесійні тренери завжди приділяли особливу увагу правильній організації системи харчування. Так, основоположник бодібілдингу Дж. Вейдер вважав неможливим досягнення суттєвого спортивного результату лише за рахунок правильно спланованого тренування та рекомендував обов'язкове складання індивідуального раціону харчування з урахуванням фізіологічної потреби в калоріях та основних нутриєнтах (Vader, 1991). Наприклад, для набору м'язової маси він рекомендував шестиразове харчування з тригодинними перервами між кожним прийомом їжі та прийом протеїнових добавок у проміжках між основними прийомами їжі або на закінченні кожного прийому їжі. Знаменитий учень Дж. Вейдера – Арнольд Шварценеггер повністю підтримав цю думку й у своїй спортивній кар'єрі розвинув її ще далі, збільшивши обсяг додаткового протеїнового харчування задля досягнення максимального спортивного результату.

Великі фізичні навантаження вимагають від спортсменів підвищеної витривалості та працездатності, тому при організації системи харчування ставлять підвищені вимоги не тільки до режиму харчування, а й до якісного та кількісного складу харчових раціонів. Над цією проблемою працювало багато авторитетних вітчизняних та зарубіжних фахівців. Так, Еллен Колеман (Coleman, 2005) у своїх працях стверджувала,

що секрет витривалості та високої працездатності спортсмена полягає у дотриманні питного режиму та використанні дієтичних добавок, особливо для динамічних видів спорту.

Аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду в організації харчування спортсменів, проведений Макгрегором Р. (Makhrehor, 2020), дозволив виділити основні принципи побудови адекватного раціону сучасного спортсмена і сформулювати практичні рекомендації щодо конкретних вимог до кількісних та якісних характеристик харчування залежно від особливостей обмінних процесів у різних видах спорту.

Ненсі Кларк (Klark, 2018) у своїй монографії провела глибокий аналіз стану стомлюваності, що виникає після тренувань. Використовуючи фізіологічні критерії, вони оцінили причини, механізми і ступінь стомлюваності, вивчили відомі медико-біологічні, психологічні та педагогічні способи відновлення фізичної форми, особливо підкреслюючи роль харчування та окремих його складових у процесах відновлення.

Дослідження вчених (Karpenko & Bondar, 2013; Toporkov & Kotliar, 2021) також показали залежність спортивної результативності від правильного та раціонального харчування.

Ця проблема стосується не лише спортсменів, а й молоді загалом.

Сучасні молоді люди ведуть активний спосіб життя та в силу життєвих обставин і власного вибору змушені поєднувати багатопланові фізичні навантаження з активним студентським життям, яке передбачає додатково й розумові навантаження.

Саме тому, за твердженням Олександра Топоркова (Toporkov, 2019), проблема правильно організованого раціонального харчування особливо гостро стосується студентської молоді, змушеної поєднувати фізичні спортивні навантаження з розумовими, зумовленими навчанням. У своїй роботі він розглядає раціональне харчування як складову частину відновлювальних заходів при підвищених фізичних навантаженнях, приділяючи особливу увагу необхідності та можливостям контролю за вагою тіла.

За твердженням відомого спортивного лікаря Фредеріка К. Хетфілда, для спортсменів, що ведуть інтен-

сивні тренування, співвідношення харчових речовин має становити: білки – 30–40 %, жири – 15–20 %, вуглеводи – 40–50 %. Джо Вейдер (Vader, 1991) рекомендував таке співвідношення: білки – 25–30 %, жири – 10–20 %, вуглеводи – 55–60 %. На думку фахівців у галузі спортивного харчування та спортивної медицини (Wilmore, 2000), рекомендовані співвідношення повністю відповідають фізіологічній потребі організму спортсмена.

Відомо, що лише продукти харчування є основним джерелом незамінних нутрієнтів, потреба в яких у спортсменів значно вища, ніж в інших категорій населення. Не можна не погодитися з Монік Райа, яка стверджує (Ryan, 2018), що за допомогою правильно підібраних продуктів харчування спортсмен вирішує такі завдання:

- забезпечення достатнього надходження калорій, поживних речовин, мікро-елементів і вітамінів залежно від конкретних завдань на даному етапі;
- активація та нормалізація метаболічних процесів з використанням біологічно активних харчових речовин та добавок;
- збереження або зміна в потрібному напрямку маси тіла;
- зміна складу тіла шляхом збільшення м'язової маси та зменшення жирового прошарку;
- створення або підтримання оптимального гормонального фону для реалізації фізичних можливостей та досягнення максимального результату.

Вирішенню цих завдань сприяє коригування раціону харчування з урахуванням як фізичного навантаження, так і сучасних досягнень нутриціології у цьому напрямі.

Мета дослідження

Метою роботи є аналіз сучасного стану харчування студентів, які активно займаються аматорським або професійним спортом на підставі аналізу результатів досліджень та анкетування студентів з питань харчування, розробка рекомендацій стосовно загальнодоступної інформативності про особливості взаємозв'язку видів харчових продуктів з часом їх перетравлення, умовами та місцем перетравлення основних харчових інгредієнтів та поліпшення таким чином харчування такої молоді.

Матеріал і методи досліджень

Методи дослідження – це аналіз науково-методичної та спеціальної літератури, аналіз документальних матеріалів, анкетування, статистичний аналіз анкетування, розробка рекомендацій щодо харчування.

Результати та їх обговорення

У ході досліджень провели анкетування серед студентів, які займаються аматорським або професійним спортом, з питань харчових переваг і організації збалансованого спортивного харчування. В анкетуванні брали участь студенти 2–4 курсу Одеського націона-

льного технологічного університету віку 18–21 років. У ході дослідження методом тестування визначали поінформованість студентів про правильне харчування, види порушення харчування, методом анкетування визначали особливості харчової поведінки та харчові уподобання. Статистична обробка отриманих результатів показала високий ступінь інформованості студентів, особливо спортсменів, про збалансоване та раціональне харчування, значення основних харчових складових у досягненні спортивної результативності. Проте понад 70 % студентів не дотримуються принципів збалансованого харчування та режиму харчування, більшість харчується безсистемно і навіть серед спортсменів жорсткого режиму харчування з рекомендованими інтервалами прийому їжі, частотою та обсягом разового прийому їжі дотримується близько 65 %.

Анкетування харчових переваг серед студентів-спортсменів показало пріоритетність продуктів тваринного походження – понад 80 %, причому в цій групі провідні позиції зайняла м'ясна і молочна продукція, рибні продукти становили менше ніж 10 %, з вуглеводвмісної продукції понад 60 % віддавали перевагу цукристим і борошняним кондитерським виробам, понад 20 % – крупам та близько 10 % – картоплі.

Як експрес-харчуванню понад 80 % спортсменів віддавали перевагу спеціалізованим продуктам спортивного харчування цілеспрямованої дії – протеїновим коктейлям, гейнерам та спортивним батончикам різного рецептурного складу.

З метою удосконалення добрих спортивних досягнень, та поліпшення психо-емоціонального стану, релаксації організму студентів, які активно займаються спортом, сучасні фахівці спортивного та студентського харчування пропонують використовувати гейнери.

Гейнери – вуглеводно-білкові суміші з оптимальним співвідношенням простих і складних вуглеводів, збагачені амінокислотами, вітамінами, креатином, мікроелементами і ненасиченими жирними кислотами. Вони призначені для оптимізації фізіологічних процесів, що протікають в організмі після навантаження. Гейнери давно позитивно зарекомендували себе як додаткове спортивне харчування, яке має підвищений попит серед спортсменів. Крім того, ці білково-вуглеводні напої стимулюють секрецію інсуліну, поліпшуючи ступінь та швидкість засвоєння організмом білків, жирів та вуглеводів. Але неправильне їх використання, наприклад безпосередньо перед тренуванням, викликає сонливість та зниження працездатності, що зумовлено “викидом” інсуліну в кров під час прийому “швидких” вуглеводів. Приймати гейнери, як і будь-які інші вуглеводи, можна не пізніше ніж за 1–1,5 години до тренування і через 15–30 хв після тренування. До початку тренування вони створюють оптимальне енергетичне тло і підвищують внутрішньом'язовий запас вільних амінокислот, які активно обмінюються при великих навантаженнях. Їхній вуглеводний склад забезпечує тривалу дію та дозволяє швидко й ефективно відновити енергетичні запаси клітин, створити умови для відновлення та

нарощування м'язової маси. Гейнери сприяють швидкому набору маси, що сприймається більшістю споживачів як побічний ефект. Щоденний прийом 2–3 порцій гейнера забезпечує набір щонайменше 5кг на місяць. Тому прийом гейнерів у вільні від тренувань дні рекомендують атлетам, які мають труднощі з нарощуванням м'язової маси, з метою підвищення калорійності харчування і прискорення відновлення. Використовувати гейнер для збільшення м'язової маси можна, збільшивши його білкову складову додатковим прийомом амінокислот чи білка. Всі гейнери відрізняються співвідношенням вуглеводів до білків. Традиційне відношення 3:1, трапляються суміші зі співвідношенням 1:1 та 5:1.

Зараз найбільшою популярністю користуються різні снейки і спортивні батончики, які активно використовують в харчуванні як спортсмени, так і туристи та військові. Тому згідно з сучасними тенденціями спортивного харчування ми розробили рецептури та технології виробництва таких батончиків, основою яких є вуглеводна та білкова сировина, а також хітозан як джерело харчових волокон та природний адсорбент.

Хітозан отримують з морських раковин та панцира крабових. Це прекрасний адсорбент, крім того, він має здатність зв'язувати жири до їх потрапляння в кровоносну систему через травний тракт, тим самим знижуючи засвоєння жирної їжі, посилює розщеплення резервних жирів і виводить зайву рідину з організму. Сьогодні хітозан активно використовують як нетрадиційну добавку при виробництві консервної та

кондитерської продукції. Правильно організована система харчування дозволяє запобігти небажаному ефекту сонливості або низької спортивної працездатності, наприклад, знання тривалості та умов перетравлення харчових продуктів, енергетичний потенціал їх споживання дозволить скоригувати інтервали між прийомами їжі та тренуваннями, а також відрегулювати їхню інтенсивність.

Спеціалізовані спортивні батончики зараз найпопулярніші та інноваційні продукти спортивного харчування. В ході науково-дослідної роботи нами були розроблені та захищені патентами кілька рецептур і технологій цього виду спортивного харчування двох напрямків – білково-вуглеводні та вуглеводно-білкові, приготовлені на основі натуральної вітчизняної сировини (Napadovska et al., 2021; Salavelis & Kaluhina, 2023).

Також особливістю раціонального харчування є знання про тривалість перетравлення різних видів їжі, умови та місце перетравлення основних харчових інгредієнтів. Таку інформацію у вигляді таблиць добре розташовувати у студентських їдальнях для загального ознайомлення студентів, що дозволить правильно обирати страви протягом доби залежно від розкладу тренувань.

Таким чином, використання у щоденному раціоні харчування студентів, які активно займаються спортом, гейнерів та спортивних батончиків дозволить регулювати загальний склад набору харчових продуктів.

Таблиця 1

Взаємозв'язок видів харчових продуктів з часом їх перетравлення

Тривалість перетравлення	Види харчових продуктів
1–2 години	Вода (в т. ч. мінеральна), соки, чай, какао, кава (в т. ч. з молоком) молоко (не згущене), кисломолочні продукти, йогурт, яйця, бульйони, рис відварений, риба відварена, злакові пластівці
2–3 години	Кава з вершками, яйця накруто, яєчня, омлет, м'ясо відварене, картопля відварена, хліб пшеничний, макарони тощо
3–4 години	Птиця відварена, хліб житній, огірки, редис, капуста та ін. овочі, картопля смажена, шинка, ковбаса, яблука, банани та ін.
4–5 годин	М'ясо та птиця смажені, оселедець, горох, квасоля та бобові, оселедець та маринади
6–7 годин	Шпик, гриби

Таблиця 2

Умови та місце перетравлення основних харчових інгредієнтів

Види харчових складових	Основне місце перетравлення	Умови перетравлення	
		ферменти	pH середовище
Білки	Шлунок	пепсин, ренін, хімосин, гастріксин	1,5–2,5 2,5–4,5
	Верхні відділи тонкого кишечнику і дванадцятипала кишка	протеолітичні панкреатичні ферменти: трипсин, хімотрипсин, карбоксиполіпептидаза і проеластази	7,5–8,2
Жири	Тонкий кишечник	ліпаза	7,5–8,2
Вуглеводи	Ротова порожнина	амілаза, мальтаза	7,5–8,2
	Тонкий кишечник	амілаза, мальтаза, цукроза, лактаза, декстриназа	7,5–8,2
Вода гаряча, газована, алкоголь, вода звичайна та мінеральна	Шлунок	Температура та наявність CO ₂	1,5–3,5
	Верхні відділи тонкого кишечнику		7,5–8,2
	Товстий кишечник		7,5–8,2

Висновки

Таким чином, інформованість про взаємозв'язок видів харчових продуктів з часом їх перетравлення, умов, місця та тривалість перетравлення їх у травній системі, а також рекомендації стосовно використання гейнерів та спортивних батончиків з інноваційним рецептурним складом дозволить правильно скласти збалансований раціон харчування з урахуванням інтенсивності фізичного навантаження студентів, які активно займаються аматорським або професійним спортом.

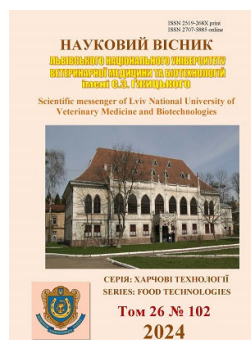
Перспектива подальших досліджень: розробка персоналізованих раціонів харчування для спортсменів залежно від виду спорту і планованого тренувального навантаження.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Coleman, E. (2005). Food for endurance. Murmansk: Tuloma.
- Karpenko, P. O., & Bondar, O. V. (2013). Osoblyvosti kharchuvannia sportsmeniv-pidlitkiv. Yednye zdorovia ta problemy kharchuvannia Ukrainy, 2. URL: <http://pronut.medved.kiev.ua/index.php/ua/categories/original-researches/item/418-features-nutrition-of-teenage-athletes> (in Ukrainian).
- Klark, N. (2018). Sportyvne kharchuvannia dlia profesionaliv ta amatoriv. Povnyi posibnyk. Vydavnytstvo Alpyna Pablysher (in Ukrainian).
- Kostiukevych, V. M. (2007). Teoriia i metodyka trenuvannia sportsmeniv vysokoi kvalifikatsii: Navchalnyi posibnyk. Vinnytsia: «Planer». URL: <https://vspu.edu.ua/faculty/sport/kafgame/np/p1.pdf> (in Ukrainian).
- Latyshev, M., Tropin, Yu., Ferenchuk, B., & Yushyna, O. (2023). Popularity of sports in ukraine: current trends. Physical Culture and Sport: Scientific Perspective, 1, 98–103. DOI: 10.31891/pcs.2023.1.15.
- Makhrehor, R. (2020). Sportyvne kharchuvannia. Shcho ye do, pid chas i pislia trenuvannia". Alpina Publisher (in Ukrainian).
- Melnikov, A., Shynkaruk, V., & Yakovlev, R. (2024). Otsinka vplyvu sportyvnoho kharchuvannia na fizychnyi rozvytok sportsmeniv. Akademichni vizii, (29). URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/951> (in Ukrainian).
- Napadovska, M. S., Telezhenko, L. M., Salavelis, A. D., Kaluhina, I. M., Tkach, V. O., & Tulunzhy, U. D. (2021). Sposib pryhotuvannia vysokobilkovoho batonchyka "RECOMUSCLE". Patent Ukrainy № 150679. MPK A23G 3/44 (2006.01) A21D 13/02 (2006.01) (in Ukrainian).
- Ryan, M. (2018). The question of endurance in sports. Mann, Ivanov and Ferber Publishing House.
- Salavelis, A. D., & Kaluhina, I. M. (2023). Sposib pryhotuvannia zernovykh batonchykiv z feikhoa. Patent Ukrainy №153351 na korysnu model MPK (2023/01) A23L 17/60 (2016.01) A23L 29/256 (2016.01), A23L 29/244(2016/01), A23L 15/00. publ. vid 21.06.2023 biul. № 25/2023 (in Ukrainian).
- Sprong, I., Heaney Susan, E., Prvan, T., & O'Connor, H. (2015). Relationship between general nutrition knowledge and dietary quality in elite athletes. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 25(3), 243–251. DOI: 10.1123/ijsnem.2014-0034.
- Toporkov, O. (2019). Osoblyvosti kharchuvannia sportsmeniv v tsyklichnykh vydakh sportu na prykladi lyzhnykh honok ta biatlonu. Osnovy pobudovy trenuvannia protsesu v tsyklichnykh vydakh sportu, 85–90. URL: https://journals.urau.ua/cvs_konf/article/view/166582 (in Ukrainian).
- Toporkov, O. M., & Kotliar, S. M. (2021). Osoblyvosti kharchuvannia vysokokvalifikovanykh sportsmeniv u tsyklichnykh vydakh sportu. Naukovyi chasopys Ukrainskoho derzhavnoho universytetu imeni Mykhaila Drahomanova, 3(133), 124–128. DOI: 10.31392/NPU-nc.series15.2021.3(133).25 (in Ukrainian).
- Ubeda, N., Palacios Gil-Antunano, N., Montalvo Zenaruzabeitia, Z., Garcia, J. B., Garcia, A., Iglesias-Gutiérrez, E. (2010). Food habits and body composition of Spanish elite athletes in combat sports. Nutricion Hospitalaria, 25(3), 414–421. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20593124>.
- Vader, D. (1991). Construction of the body according to Joe Vader's system. M.: Physical training and sports.
- Wilmore, J. H. (2000). Physiology of sports. Kyiv: Olympic literature.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10203
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 661.873:620.193/.199:006.057

Corrosion resistance of modified amorphous cobalt alloys

O. Hertsyk¹, M. Tashak², N. Pandiak³, A. Shalko⁴✉, V. Slobodnyj¹

¹Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

²Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

³Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

⁴Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 17.06.2024

Received in revised form
22.07.2024

Accepted 23.07.2024

Ivan Franko National
University of Lviv,
University Str., 1, Lviv,
79000, Ukraine.

Lviv Polytechnic National
University, Stepan Bandera str., 12,
Lviv, 79013, Ukraine.

Ukrainian National
Forestry University,
Gen. Chuprynka Str., 103,
Lviv, 79057, Ukraine.

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-067-912-20-82
E-mail: Shalko_av@ukr.net

Hertsyk, O., Tashak, M., Pandiak, N., Shalko, A., & Slobodnyj, V. (2024). Corrosion resistance of modified amorphous cobalt alloys. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 14–20. doi: 10.32718/nvlvet-f10203

Amorphous metal alloys (AMA) based on Co have high corrosion resistance, which exceeds the durability of samples based on Fe, and also have the properties of soft magnetic materials. Therefore, new cobalt amorphous tape alloys can be used in medicine, in particular, as implants. An important indicator of AMC is the temperature and time interval of their use without a change in properties, that is, their level of stability, which depends on the chemical composition of the alloys and, certainly, on the conditions of production and use. At the same time, the properties of cobalt-based amorphous alloys can be changed by modification in various ways, in particular, by exposure to alternating magnetic fields. In this regard, electrochemical and structural studies of a number of AMAs based on Co are expedient: $\text{Co}_{73.6}\text{Fe}_{3.2}\text{Mn}_{3.2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73.6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5.7}(\text{Si}_{0.2}\text{B}_{0.8})_{21}$ and $\text{Co}_{75.5}\text{Fe}_{4.6}\text{Si}_6\text{B}_{16.7}$ original and modified in 0.9 % NaCl aqueous solution. The electrochemical characteristics of strip amorphous metal alloys $\text{Co}_{73.6}\text{Fe}_{3.2}\text{Mn}_{3.2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73.6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5.7}(\text{Si}_{0.2}\text{B}_{0.8})_{21}$ and $\text{Co}_{75.5}\text{Fe}_{4.6}\text{Si}_6\text{B}_{16.7}$ in 0.9 % NaCl aqueous solution. For the first time, the influence of preliminary exposure in an alternating magnetic field for (0.5–3.0) h on the corrosion resistance of the amorphous $\text{Co}_{73.6}\text{Fe}_{3.2}\text{Mn}_{3.2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ alloy was evaluated. The activation of the contact surface and the passivation of the outer surface of the alloy tape were established depending on the exposure, which is reflected by the corresponding change in the electrochemical parameters in a 0.9 % NaCl aqueous solution. Comparative comprehensive study of $\text{Co}_{73.6}\text{Fe}_{3.2}\text{Mn}_{3.2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73.6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5.7}(\text{Si}_{0.2}\text{B}_{0.8})_{21}$ and $\text{Co}_{75.5}\text{Fe}_{4.6}\text{Si}_6\text{B}_{16.7}$ alloys in 0.9 % aqueous solution NaCl showed that after the action of an alternating magnetic field, the difference in the final potential values of both the contact and outer surfaces of the ribbons of amorphous alloys is leveled. Research results are useful for manufacturers and consumers of amorphous materials.

Key words: amorphous metal alloys, corrosion resistance, modification, variable magnetic field.

Корозійна тривкість модифікованих аморфних кобальтових сплавів

О. Герцик¹, М. Ташак², Н. Пандяк³, А. Шалько⁴✉, В. Слободний¹

¹Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна

²Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна

³Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

⁴Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Аморфні металеві сплави (АМС) на основі Со мають високу корозійну тривкість, що перевищує тривкість зразків на основі Fe, а також володіють властивостями магнітом'яких матеріалів. Тому нові кобальтові аморфні стрічкові сплави можуть використовуватись і в медицині, зокрема як імплантанти. Важливим показником АМС є температурний та часовий інтервал їх

використання без зміни властивостей, тобто рівень їхньої стійкості, який залежить від хімічного складу сплавів і, безперечно, від умов одержання та використання. Водночас властивості аморфних сплавів на основі кобальту можна змінювати шляхом модифікації різними способами, зокрема витриманням у змінних магнітних полях. У зв'язку з цим доцільними є електрохімічні та структурні дослідження ряду АМС на основі $\text{Co: Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$, $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$ вихідних та модифікованих у 0,9 % водному розчині NaCl . Різними електрохімічними визначено електрохімічні характеристики стрічкових аморфних металевих сплавів $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$ та $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$ у 0,9 % водному розчині NaCl . Вперше оцінено вплив попереднього витримання у змінному магнітному полі протягом (0,5–3,0) год на корозійну тривкість аморфного сплаву $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$. Встановлено активацію контактної поверхні і пасивацію зовнішньої поверхні стрічки сплаву залежно від експозиції, що відображається відповідною зміною електрохімічних параметрів у 0,9 % водному розчині NaCl . Порівняльне комплексне дослідження сплавів $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$ та $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$ у 0,9 % водному розчині NaCl показало, що після дії змінного магнітного поля нівелюється різниця кінцевих значень потенціалів як контактної, так і зовнішньої поверхонь стрічок аморфних сплавів. Результати досліджень є корисними для виробників та споживачів аморфних матеріалів.

Ключові слова: аморфні металеві сплави, корозійна тривкість, модифікація, змінне магнітне поле.

Вступ

Феромагнітні аморфні металеві сплави (АМС) на основі кобальту є перспективними матеріалами (Badawy et al., 2000; Davies & Gibbs, 2007; Russew & Stojanova, 2016; Ackland et al., 2018; Liao et al., 2021) і розширювати їх використання можна не лише зміною елементного складу, а й також шляхом модифікації різними чинниками (Louzguine-Luzgin et al., 2018; Zhao et al., 2019; Zhang et al., 2021; Lopachak et al., 2021; Nykyruy et al., 2023), зокрема магнітним полем (МП).

Аналіз пошарових профілів сплаву $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ свідчить про гетерогенний характер поверхневої області аморфної стрічки, яку можна поділити на три концентраційні зони: 1) верхній шар (декілька моношарів), що контактує з навколишнім середовищем і складається в основному з адсорбованих вуглеводнів, гідроксильних груп і молекул води; 2) шар оксидів складної композиції (десятки нанометрів) з невеликим вмістом вуглецю; 3) проміжний шар (сотні нанометрів), збагачений бором (34,7 % ат.). Поступова експозиція аморфної стрічки $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ в магнітному полі призводить до немонотонної зміни усередненої по двох верхніх шарах концентрації всіх аналізованих елементів. Як і у вихідному стані АМС, після МП вміст С та О на поверхні і в оксидній зоні залишається високим. Зі збільшенням часу витримки в МП концентрація цих домішок демонструє етапи зростання та падіння. При тривалих експозиціях (20...150 діб) простежується загальне збагачення поверхні вуглецем та збіднення на кисень порівняно з вихідним АМС. Привертає увагу той факт, що часові варіації концентрації О і основних компонентів сплаву (С, Мп і В) в період витримки в МП від 10 до 20 діб є подібними. Ймовірно, що в цей період відбувається чергування процесів розпаду вихідного оксиду та інтенсифікації окислення поверхні. При більш тривалих витримках (до 130 діб) активна сегрегація вуглецю перешкоджає окисленню компонентів на поверхні.

Отже, витримка аморфного сплаву $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ в МП приводить також до немонотонної зміни товщини оксидного шару: при експозиціях до 15 діб вона зростає, а при подальшому збільшенні часу витримки — зменшується.

Мета дослідження

Оцінка корозійної тривкості ряду АМС на основі $\text{Co: Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$, $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$ у 0,9 % водному розчині NaCl після модифікації змінним магнітним полем (ЗМП).

Матеріал і методи досліджень

Досліджували контактну (к) та зовнішню (з) поверхні стрічкових аморфних сплавів $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$, $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$, які отримані методом надшвидкого охолодження розплаву (НШОР).

Електрохімічні дослідження корозійної тривкості сплавів у 0,9 % водному розчині NaCl проводилися на потенціостаті ПИ-50-1. Для контролю швидкості встановлення і величини стаціонарного потенціалу (E_x) як електрод порівняння використовували хлорсрібний електрод ($E_{\text{Ag}/\text{Ag}}=0,222\text{В}$) та робочий електрод – пластинка сплаву. Стаціонарний потенціал поверхні встановлюється з часом, тому вимірювання проводили протягом 20–30 хв. Швидкість визначали із залежності потенціалу від часу.

Зміну корозійної тривкості стрічок АМС оцінювали методом циклічної вольтамперометрії в потенціодинамічному режимі. Вимірювання проводилися за трьохелектродною схемою: робочий електрод – зразок АМС площею $0,15\text{см}^2$, електрод порівняння – хлорсрібний, допоміжний електрод – платинова пластинка.

Мікроскопічні дослідження елементного складу поверхні АМС проводили за допомогою скануючої електронної мікроскопії та рентгенівського мікроаналізу на базі електронного мікроскопу-мікроаналізатора РЕММА – 102-02. Одержані результати є усередненими з 5 вимірів у різних точках поверхні. Відхилення окремих вимірів дозволяють усереднення з похибкою $\Delta g=\pm 0,04$.

Витримання у змінному магнітному полі (частота 50 Гц) протягом (0,5–3,0) год.

Результати та їх обговорення

Практичне використання аморфних металевих сплавів на основі кобальту передбачає їх потрапляння у ЗМП, що може змінювати їх властивості, зокрема корозійну тривкість. Своєю чергою це можна використати

для модифікації АМС на основі кобальту, тобто для формування необхідних фізико-хімічних властивостей.

Потенціометричне дослідження зміни корозійної стійкості АМС $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ після попереднього витримання у ЗМП (рис. 1, табл. 1) протягом (0,5–

3,0) год показало, що для контактної поверхні стрічки корозійна тривкість знижується, що відображається зсувом потенціалу в катодний бік, тимчасом як корозійна тривалість зовнішньої поверхні – зростає, кінцеві значення потенціалу зсуваються в анодний бік.

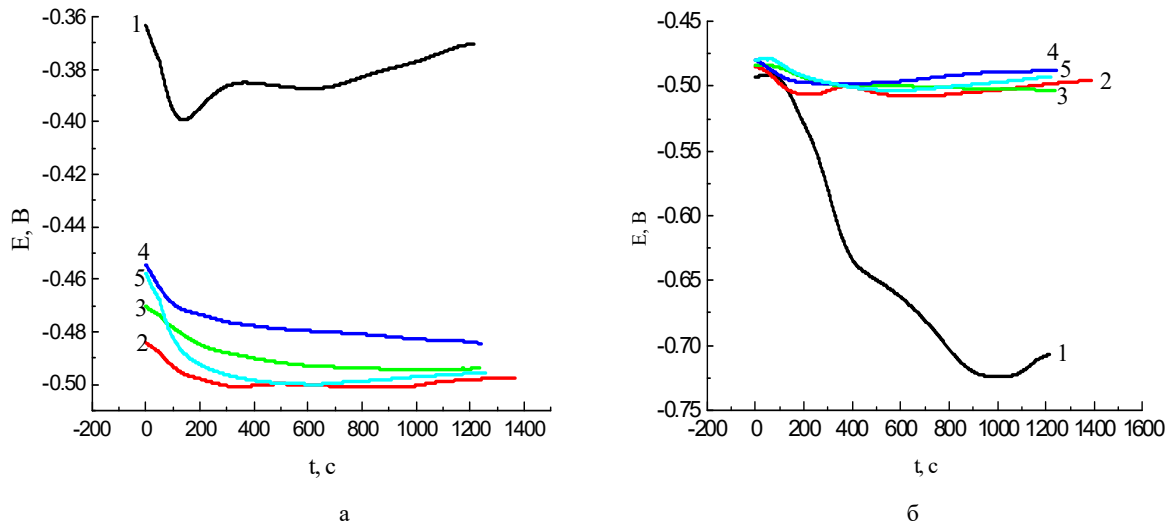


Рис. 1. Зміна потенціалу контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь стрічки АМС $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ (1) та витриманих попередньо у ЗМП протягом: 2–0,5 год, 3–1 год, 4–2 год, 5–3 год, у 0,9 % водному розчині NaCl

Таблиця 1

Результати потенціометричного дослідження стрічки АМС $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, витриманих попередньо у ЗМП, у 0,9 % водному розчині NaCl

Тривалість намагнічування, год	Поверхня	E_0 , В	E_k , В	ΔE , В	V , В/с
-	к	-0,35	-0,37	0,02	$5,0 \cdot 10^{-4}$
	з	-0,50	-0,71	0,21	$3,3 \cdot 10^{-4}$
1,0	к	-0,47	-0,49	0,02	$1,6 \cdot 10^{-4}$
	з	-0,48	-0,50	0,02	$1,6 \cdot 10^{-4}$
2,0	к	-0,45	-0,48	0,03	$3,3 \cdot 10^{-4}$
	з	-0,47	-0,49	0,02	$3,3 \cdot 10^{-4}$
3,0	к	-0,44	-0,49	0,05	$5,0 \cdot 10^{-4}$
	з	-0,48	-0,49	0,01	$3,3 \cdot 10^{-4}$

Більш прецизійні дослідження впливу попереднього витримання зразків сплаву $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ у ЗМП на корозійну тривкість контактної поверхні стрічки методом циклічної вольтамперометрії, тобто при додатковому навантаженні зразків циклічним скануванням потенціалів у 0,9 % водному розчині NaCl (рис. 2, табл. 2) показали, що для вихідного зразка зі збільшенням тривалості контакту з агресивним середовищем за даних умов простежується зсув значень потенціалів корозії у катодний бік та зростання струмів корозії, що вказує на зменшення корозійної тривкості зразків. Аналогічні дослідження для зразків АМС, попередньо витриманих у ЗМП, показали, що вплив тривалості експозиції не є лінійним. Форма циклічних вольтамперограм також змінюється. Зі збільшенням тривалості контакту з агресивним середовищем простежується як активація, так і пасивація поверхні АМС, що відображається відповідно зростанням або зниженням величини струмів корозії.

Отже, встановлено, що підбором тривалості експозиції у змінному магнітному полі можна досягати як

активації, так і пасивації поверхні АМС $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, що є важливим при їх використанні як каталізаторів або при формуванні на них різних поверхневих шарів.

Вольтамперометричні дослідження зміни корозійної тривкості зовнішньої поверхні стрічки АМС $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ (рис. 2, табл. 2) показали, що попереднє витримання у ЗМП приводить до пасивації поверхні, про що свідчить зсув значень потенціалу корозії в анодний бік та деяке зниження струмів корозії.

Порівняльне дослідження корозійної тривкості вихідних зразків АМС на основі кобальту різного елементного складу (рис. 3, табл. 3) показало, що для вихідного зразка $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ контактна поверхня стрічки пасивується, тимчасом як для сплавів $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$ та $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$ кінцеві значення потенціалів зсунуті в катодний бік. Для зовнішньої поверхні стрічок сплав $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ є найменш тривким.

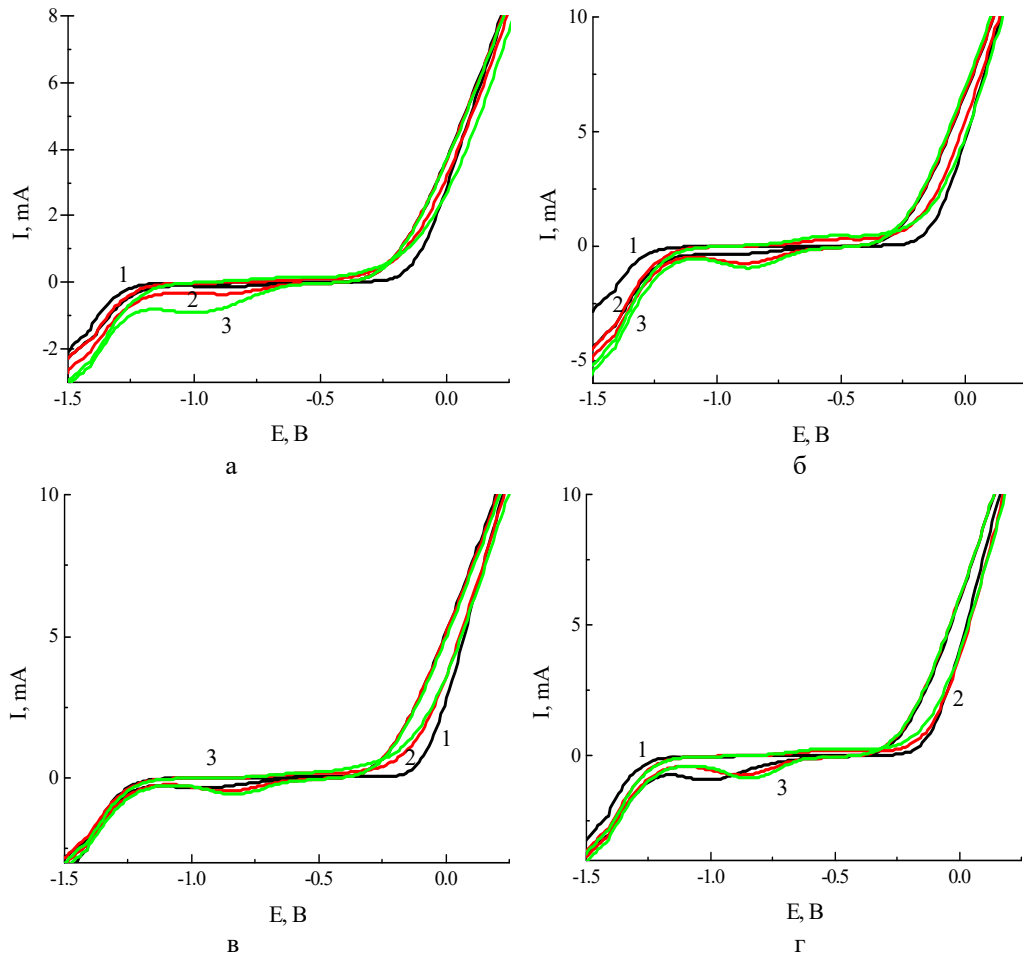


Рис. 2. Циклічні вольтамперограми контактної (а, б) та зовнішньої (в, г) поверхонь стрічки АМС $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ першого (1), п'ятого (2) та десятого (3) циклів у 0,9 % водному розчині NaCl вихідних (а, в) та після витримування у ЗМП протягом 3,0 год (б, г)

Таблиця 2

Електрохімічні параметри стрічки АМС $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$ у 0,9% водному розчині NaCl вихідного та після витримування у ЗМП

Цикл	Поверхня	Час витримування									
		-		30 хв		1 год		2 год		3 год	
		$E_{\text{кор}}, \text{В}$	$i_{\text{кор}} \cdot 10^5, \text{А/см}^2$	$E_{\text{кор}}, \text{В}$	$i_{\text{кор}} \cdot 10^5, \text{А/см}^2$	$E_{\text{кор}}, \text{В}$	$i_{\text{кор}} \cdot 10^5, \text{А/см}^2$	$E_{\text{кор}}, \text{В}$	$i_{\text{кор}} \cdot 10^5, \text{А/см}^2$	$E_{\text{кор}}, \text{В}$	$i_{\text{кор}} \cdot 10^5, \text{А/см}^2$
1	к	0,63	2,6	0,71	1,4	0,67	4,9	0,77	5,9	0,64	2,9
5		0,84	3,4	0,86	1,6	0,91	3,2	0,99	5,1	0,88	2,3
10		0,97	11,8	0,97	8,2	0,91	4,2	0,98	1,7	0,94	1,1
1	з	0,82	7,1	0,80	1,8	0,78	1,5	0,82	3,9	0,76	1,3
5		0,87	1,4	0,85	2,3	0,78	1,2	0,87	2,4	0,90	4,6
10		0,88	2,6	0,88	2,1	0,83	2,5	0,91	9,4	0,89	1,6

Таблиця 3

Результати потенціометричного дослідження вихідних стрічок АМС у 0,9 % водному розчині NaCl

Сплав	Поверхня	$E_0, \text{В}$	$E_k, \text{В}$
$\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$	к	-0,35	-0,37
	з	-0,50	-0,71
$\text{Co}_{73,6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$	к	-0,46	-0,49
	з	-0,51	-0,52
$\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$	к	-0,37	-0,47
	з	-0,41	-0,49

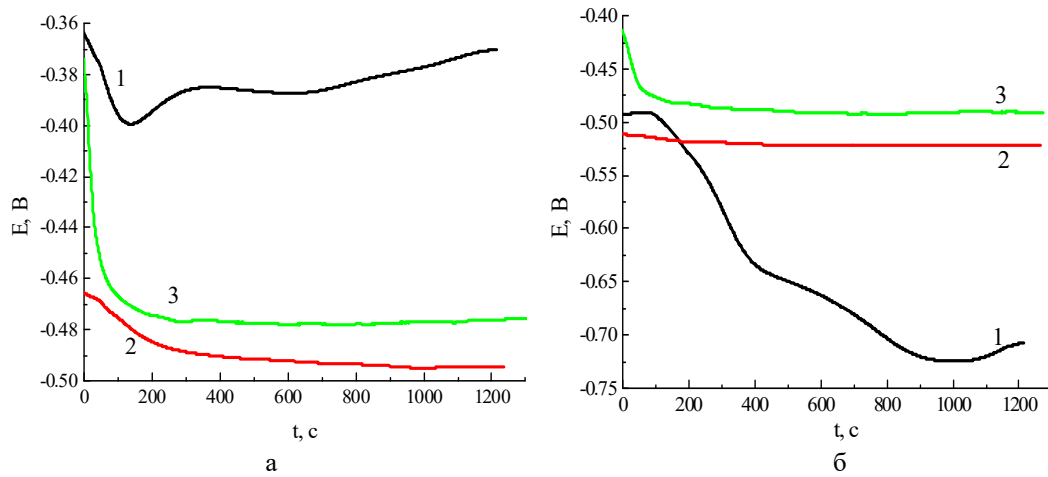


Рис. 3. Зміна потенціалу контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь вихідних стрічок АМС у 0,9 % водному розчині NaCl: 1 – $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$; 2 – $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe},\text{Ni},\text{Mo},\text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$; 3 – $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$

Порівняння впливу попередньої 3-годинної обробки у ЗМП на аморфні сплави на основі Co (рис. 4, табл. 4) показало, що така модифікація практично нівелює різницю кінцевих значень потенціалу як кон-

тактної, так і зовнішньої поверхонь стрічки АМС незалежно від їх складу (потенціал рівний – (0,48–0,50) В). Однак форма хронопотенціограм для зовнішньої поверхні є різною.

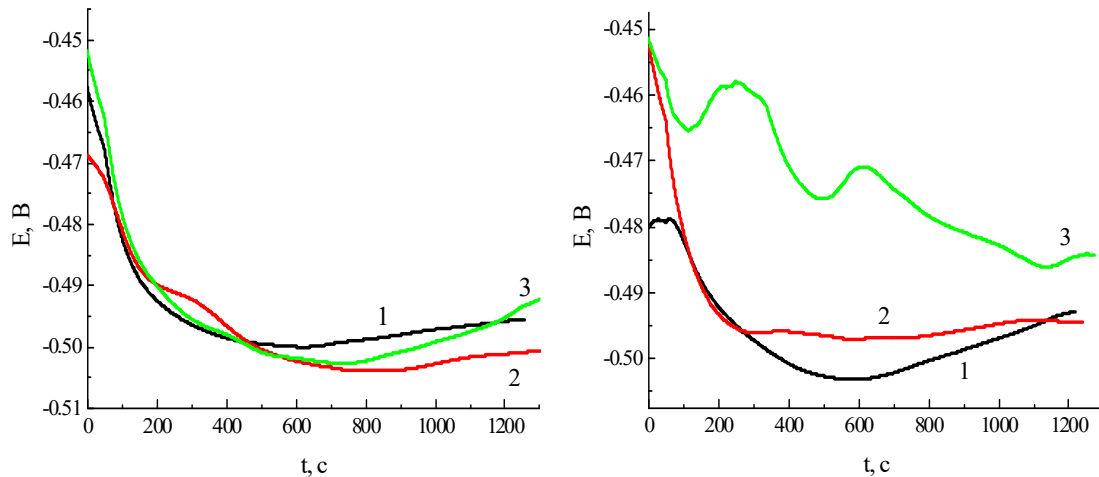


Рис. 4. Зміна потенціалу контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь стрічок АМС, попередньо витриманих у ЗМП протягом 3 год, у 0,9 % водному розчині NaCl: 1 – $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$; 2 – $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe},\text{Ni},\text{Mo},\text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$; 3 – $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$

Таблиця 4

Результати потенціометричного дослідження стрічок АМС, попередньо витриманих у ЗМП протягом 3 год, у 0,9 % водному розчині NaCl

Сплав	Поверхня	E_0 , В	E_k , В
$\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$	к	-0,44	-0,49
	з	-0,49	-0,49
$\text{Co}_{73,6}(\text{Fe},\text{Ni},\text{Mo},\text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$	к	-0,47	-0,50
	з	-0,44	-0,49
$\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$	к	-0,45	-0,49
	з	-0,45	-0,48

Проведена оцінка морфології контактної та зовнішньої поверхонь АМС (рис. 5) та зміни елементного складу АМС $\text{Co}_{73,6}\text{Fe}_{3,2}\text{Mn}_{3,2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73,6}(\text{Fe},\text{Ni},\text{Mo},\text{Mn})_{5,7}(\text{Si}_{0,2}\text{B}_{0,8})_{21}$, $\text{Co}_{75,5}\text{Fe}_{4,6}\text{Si}_6\text{B}_{16,7}$ (табл. 5) після витримування у ЗМП. Суттєва різниця морфології контактної та зовнішньої поверхонь стріч-

ки сплаву, зумовлена особливостями одержання таких матеріалів методом надшвидкого охолодження, зумовлює їх різні фізико-хімічні властивості, зокрема корозійну тривкість.

Встановлений з використанням калориметра Perkin-Elmer Pyris 1 елементний склад АМС до і після піддавання їх зовнішнім навантаженням корелює з

результатами електрохімічних досліджень. Незначні зміни вмісту металевих елементів зумовлюють стабільність значень потенціалів та струмів розчинення.

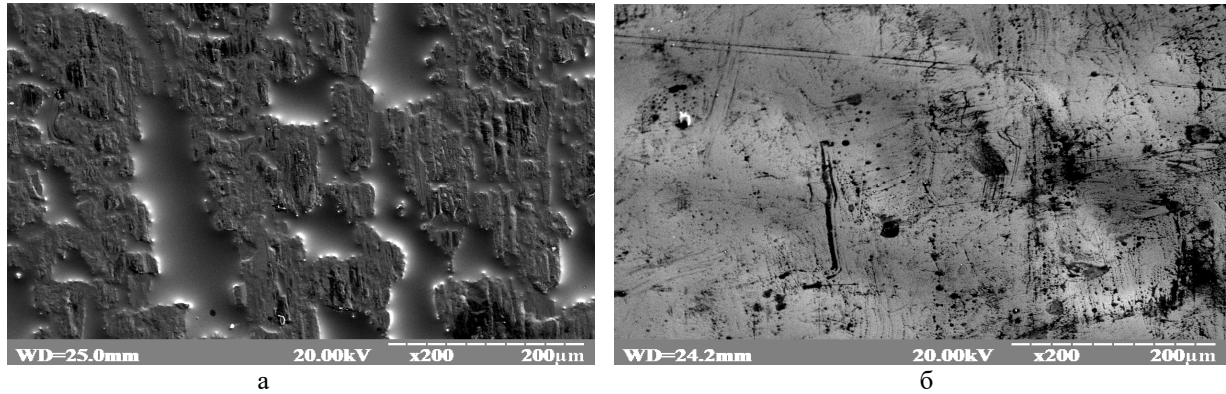


Рис. 5. Мікрофотографії контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь стрічки АМС $\text{Co}_{75.5}\text{Fe}_{4.6}\text{Si}_6\text{B}_{16.7}$

Таблиця 5

Вплив ЗМП на елементний склад зразків АМС

Обробка	Поверхня	Co	Fe	Ni	Mo	Mn	Si	B
$\text{Co}_{73.6}\text{Fe}_{3.2}\text{Mn}_{3.2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$								
-	к	73,7	4,1	-	-	3,0	3,8	15,4
	з	73,4	3,4	-	-	2,7	5,4	14,9
ЗМП 3 год	к	73,6	3,9	-	-	2,9	4,1	15,4
$\text{Co}_{73.6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5.7}(\text{Si}_{0.2}\text{B}_{0.8})_{21}$								
-	к	73,0	2,6	0,3	0	3,2	3,9	16,9
	з	73,3	2,4	0	0,1	3,3	4,1	16,8
ЗМП 3 год	к	73,3	2,4	0,5	0,1	3,1	3,7	17,0
$\text{Co}_{75.5}\text{Fe}_{4.6}\text{Si}_6\text{B}_{16.7}$								
-	к	74,1	5,5	-	-	-	4,5	15,8
	з	72,7	4,8	-	-	-	5,9	16,6
ЗМП 3 год	к	74,3	5,2	-	-	-	4,6	15,9

Висновки

Визначено електрохімічні характеристики стрічкових аморфних металевих сплавів $\text{Co}_{73.6}\text{Fe}_{3.2}\text{Mn}_{3.2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73.6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5.7}(\text{Si}_{0.2}\text{B}_{0.8})_{21}$ та $\text{Co}_{75.5}\text{Fe}_{4.6}\text{Si}_6\text{B}_{16.7}$ у 0,9 % водному розчині NaCl.

Оцінено вплив попереднього витримування у змінному магнітному полі протягом 0,5–3,0 год на корозійну тривкість аморфного сплаву $\text{Co}_{73.6}\text{Fe}_{3.2}\text{Mn}_{3.2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$. Встановлено активацію контактної поверхні та пасивацію зовнішньої поверхні стрічки сплаву залежно від експозиції, що відображається відповідною зміною електрохімічних параметрів у 0,9 % водному розчині NaCl.

Порівняльне електрохімічне дослідження сплавів $\text{Co}_{73.6}\text{Fe}_{3.2}\text{Mn}_{3.2}\text{Si}_5\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{73.6}(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Mo}, \text{Mn})_{5.7}(\text{Si}_{0.2}\text{B}_{0.8})_{21}$ та $\text{Co}_{75.5}\text{Fe}_{4.6}\text{Si}_6\text{B}_{16.7}$ у 0,9 % водному розчині NaCl показало, що після дії змінного магнітного поля нівелюється різниця кінцевих значень потенціалів як контактної, так і зовнішньої поверхонь стрічок аморфних сплавів.

Подяка

Подані у цій статті результати досліджень отримано за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України (№ державної реєстрації держбюджетної теми: 0123U101830 “Нанокристалізація аморфних

сплавів на основі кобальту: кінетика, властивості, застосування”).

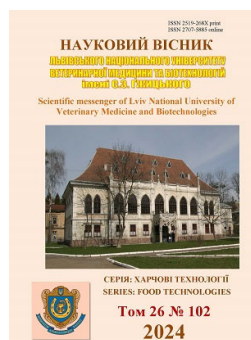
Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Ackland, K., Masood, A., Kulkarni, S., & Stamenov, P. (2018). Ultra-soft magnetic Co–Fe–B–Si–Nb amorphous alloys for high frequency power applications. *AIP Adv*, 8, 56129. DOI: 10.1063/1.5007707.
- Badawy, W., Al-Kharafi, F., & Al-Ajmi, J. (2000). Electrochemical behaviour of cobalt in aqueous solutions of different pH. *Journal of Applied Electrochemistry*, 30, 693–704. DOI: 10.1023/A:1003893122201.
- Davies, H., & Gibbs, M. (2007). *Amorphous Alloys. Handbook of Magnetism and Advanced Materials*. London: John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9780470022184.hmm401.
- Liao, W.-B., Wu, Z. X., Lu, W., He, M., Wang, T., Guo, Z., & Huang, J. (2021). Microstructures and mechanical properties of CoCrFeNiMn high-entropy alloy coatings by detonation spraying. *Intermetallics*, 132, 107138. DOI: 10.1016/j.intermet. 2021.107138.

- Lopachak, M., Khrushchuk, Kh., Dnistryan, V., Boichyshyn, L., & Reshetnyak, O. (2021). Corrosion Resistance of $\text{Co}_{77}\text{Si}_{11}\text{B}_{12}$ Amorphous Metal Alloys for the Electrodes of Hydrogen Release from Alkaline Solutions. *Materials Science*, 56(5), 673–677. DOI: 10.1007/s11003-021-00481-x.
- Louzguine-Luzgin, D. V., Ketov, S. V., Trifonov, A. S., & Churymov, A. Yu. (2018). Surface structure and properties of metallic glasses. *J. Alloys Compd.*, 742, 512–517. DOI: 10.1016/j.jallcom.2018.01.290.
- Nykyruy, Y., Mudry S., Kulyk, Y., Borisyuk, A. (2023). Magnetic properties and nanocrystallization process in Co–(Me)–Si–B amorphous ribbons. *Applied Nanoscience*, 13(7), 5239–5249. DOI: 10.1007/s13204-022-02746-6.
- Nykyruy, Y., Mudry, S., Kulyk, Y., Prunitsa, V., & Borysiuk, A. (2023). Magnetic properties and nanocrystallization behavior of Co-based amorphous alloy. *Physics and Chemistry of Solid State*, 24(1), 106–113. DOI: 10.15330/pcss.24.1.106-113.
- Russek, K., & Stojanova, L. (2016). Properties and Applications of Amorphous Metallic Alloys. In: *Glassy Metals*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-47882-0_13.
- Zhang, B. H., Liu, J. H., & Zhou, H. T. (2021). Comprehensive study of the crystallization behavior, thermal stability, and magnetic properties of $\text{Co}_{66.5}\text{Si}_{15.5}\text{B}_{12}\text{Fe}_4\text{Ni}_2$ amorphous ribbon. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 573(1), 121132. DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2021.121132.
- Zhao, J., Gao, Q., Wang, H., Shu, F., Zhao, H., He, W., & Yu, Z. (2019). Microstructure and mechanical properties of Co-based alloy coatings fabricated by laser cladding and plasma arc spray welding. *Journal of Alloys and Compounds*, 785, 846–854. DOI: 10.1016/j.jallcom.2019.01.056.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10204
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 637.523:663.5

Innovative approaches to improving the barrier properties of natural sausage casings

I. Simonova[✉], U. Drachuk, B. Halukh, I. Basarab, H. Koval, Y. Nutskovskiy

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 24.06.2024
Received in revised form
29.07.2024
Accepted 30.07.2024

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-096-484-69-91
E-mail: ira.markovuch@gmail.com

Simonova, I., Drachuk, U., Halukh, B., Basarab, I., Koval, H., & Nutskovskiy, Y. (2024). Innovative approaches to improving the barrier properties of natural sausage casings. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 21–29. doi: 10.32718/nvlvet-f10204

This article explores the potential to enhance the quality of natural sausage casings through treatment with aqueous extracts derived from plant materials, specifically oak bark, cinquefoil roots, and common tormentil roots. Natural casings are essential in sausage production, providing a protective barrier against external factors, maintaining the shape of the product, and contributing to its long-term preservation. Due to their importance, improving the functional properties of natural casings is a priority in the food industry, particularly for ensuring product safety and extending shelf life. The primary goal of this study is to investigate how these plant-based extracts, applied at various concentrations (5:100; 10:100; 15:100), affect the fat permeability, vapor permeability, and water permeability of pork intestines used as natural casings. These properties are crucial for the casings' overall barrier performance, which directly influences the quality and shelf life of the final product. The experimental results demonstrated that using the proposed extracts improves the structural integrity of the casings by enhancing the collagen matrix, thereby positively influencing their permeability characteristics. Specifically, the study found that the highest fat permeability was achieved with the tormentil root extract at a concentration of 10:100, which resulted in a 48.43 % increase. A comparable result was observed with oak bark extract at the same concentration, showing a 45.81% increase in fat permeability. In terms of vapor permeability, the study showed that the highest values were recorded when treating the casings with cinquefoil root extract at a concentration of 10:100, leading to an increase of 0.74 %. Furthermore, all the plant-based extracts had a beneficial effect on water permeability, reducing it across the board. This reduction in water permeability suggests an enhancement of the casings' barrier properties, making them more effective in preventing moisture loss and fat leakage during the production and storage processes. In conclusion, the use of aqueous plant extracts, particularly from oak bark, cinquefoil, and tormentil, represents a promising approach to improving the functional properties of natural sausage casings. These extracts not only strengthen the collagen structure but also enhance the casings' fat, vapor, and water permeability properties, making them more resilient and better suited for modern food production needs.

Key words: natural sausage casings, barrier properties, plant extracts, oak bark, cinquefoil roots, tormentil roots, fat permeability, vapor permeability, water permeability, sausage production.

Інноваційні підходи до покращення бар'єрних властивостей натуральних оболонки для ковбасних виробів

I. I. Сімонова[✉], У. Р. Драчук, Б. І. Галух, І. М. Басараб, Г. М. Коваль, Ю. Ю. Нуцковський

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Досліджено можливості поліпшення якості натуральних ковбасних оболонок шляхом їх обробки водними витяжками, отриманими з рослинної сировини, зокрема з кори дуба, коренів перстачу та родовика лікарського. Натуральні оболонки є важливими

при виробництві ковбас, оскільки вони забезпечують захисний бар'єр від зовнішніх факторів, підтримують форму продукту та сприяють його тривалому зберіганню. Здатність покращення функціональних властивостей натуральних оболонок є пріоритетом у харчовій промисловості, особливо для безпеки продукту та подовження терміну його зберігання. Основною метою цього дослідження є вивчення, як впливають витяжки з рослинної сировини в різних концентраціях (5:100; 10:100; 15:100) на жиропроникність, паропроникність та водопроникність свинячих черев, що використовуються як натуральні оболонки. Зміни загальних бар'єрних характеристик оболонок безпосередньо впливають на якість і термін придатності кінцевого продукту. Експериментальні результати показали, що використання запропонованих витяжок поліпшує структурну цілісність оболонок за рахунок зміцнення структури колагену в оболонках, що позитивно впливає на їхні проникаючі властивості. Зокрема, дослідження показало, що найвищий рівень жиропроникності був досягнутий при застосуванні витяжки з кореня родовика лікарського в концентрації 10:100, що призвело до збільшення цього показника на 48,43 %. Подібний результат спостерігався з витяжкою кори дуба при тій самій концентрації, що призвело до збільшення жиропроникності на 45,81 % відповідно. Дослідження показало, що найвищі показники паропроникності (0,74 %) спостерігалися при обробці оболонок витяжкою з кореня перстачу в концентрації 10:100. Крім того, всі рослинні витяжки позитивно впливали на водопроникність оболонок у бік зменшення цього показника в усіх дослідних зразках. Зниження водопроникності вказує на покращення бар'єрних властивостей оболонок, що робить їх ефективними для запобігання втрати вологи впродовж зберігання. Використання витяжок з рослинної сировини, зокрема з кори дуба, коренів перстачу та родовика є перспективним підходом до поліпшення бар'єрних властивостей натуральних ковбасних оболонок, що є актуальним для сучасних потреб харчового виробництва.

Ключові слова: натуральні ковбасні оболонки, бар'єрні властивості, рослинні витяжки, кора дуба, корені перстачу, корені родовика лікарського, жиропроникність, паропроникність, водопроникність, технологія ковбас.

Вступ

Оболонки для ковбасних виробів виконують важливу технологічну роль. Вони забезпечують збереження форми ковбасних виробів і захищають їх від впливу зовнішніх чинників. Вибір типу оболонки має значний вплив на якість кінцевого продукту. Сьогодні існує кілька основних видів оболонок: колагенові, целюлозні, полімерні та натуральні. Кожен з цих видів має свої особливості, переваги та недоліки. Недоліками натуральних оболонок можуть бути наявні технологічні дефекти та висока проникність, тому виникає необхідність їх вдосконалення. У зв'язку з цим дослідження бар'єрних властивостей оболонок стає актуальним, адже багато ковбасних виробів мають високу вологість, що впливає на мікробіологічну стабільність і спонукає до поліпшення їх якості.

Одним з перспективних методів поліпшення бар'єрних властивостей натуральних оболонок є обробка витяжками з рослинної сировини, які характеризуються високим вмістом дубильних речовин. Вони можуть поліпшити механічну міцність і еластичність оболонок за рахунок утворення поперечних зв'язків у структурі колагену та суттєво поліпшити їхні фізико-хімічні властивості.

Більшість ковбасних виробів виробляють в оболонці. Відповідно до вимог, ковбасні оболонки повинні бути міцними, щільними, еластичними, негігроскопічними, стійкими до мікроорганізмів, здатні витримувати тиск фаршу під час наповнення, стійкими до дії високих температур при термічній обробці, а також мати високий ступінь адгезії до фаршу (Domanova & Shubina, 2011). Крім того, багато мікроорганізмів спричиняють псування харчових продуктів, що є проблемою як для споживачів, так і для харчової промисловості загалом. При виготовленні ковбасних виробів найчастіше використовують: яловичі, свинячі та баранячі черева, яловичі товсті черева, яловичі синюги, яловичі круги і прохідники. Якість кишкової оболонки залежить від багатьох факторів, зокрема від виду, породи забійних тварин, умов годівлі, способів забою та обробки кишкової сировини.

Більшість видів ковбас мають високу вологість, тому дослідження натуральних оболонок оброблених

витяжками з рослинної сировини з метою підвищення їх бар'єрних властивостей є актуальним та важливим. Це дасть змогу підвищити їхню мікробіологічну стабільність, зберегти харчову цінність ковбас і поліпшити їх технологічні властивості. Тому природні сполуки рослинної сировини з бактерицидними властивостями викликають все більший інтерес у всьому світі (Domanova & Shubina, 2011).

Витяжки з рослинної сировини, що мають такі властивості, можуть бути використані для подовження терміну зберігання ковбасних виробів. Багато авторів займаються вивченням антибактеріальних властивостей витяжок з рослинної сировини, оскільки вони містять фенольні сполуки, дубильні речовини, катехіни та альдегіди. Природна комбінація цих сполук виявляє більшу антимікробну дію порівняно з окремими компонентами, що пояснюється синергічною взаємодією (Domanova, 2012).

Для обробки натуральних оболонок запропоновано використання витяжок з кори дуба (*Quercus robur* L.), коренів перстачу (*Potentilla erecta* L.) та родовика лікарського (*Sanquisorba officinalis* L.), оскільки вони характеризуються високою кількістю дубильних речовин. Ці рослини найбільш поширені на території України.

Дубильні речовини вирізняються серед інших поліфенолів своєю здатністю утворювати комплекси та осаджувати білки, алкалоїди, вуглеводи, вітаміни та мінерали. Дубильні речовини застосовуються в харчовій промисловості для покращення смаку вина, створюючи бажані органолептичні показники (Cobzac et al., 2005; Harbertson et al., 2012), як ефективні антиоксиданти для харчових продуктів (Shad et al., 2012) та як харчові консерванти завдяки антимікробним властивостям (Lipińska et al., 2014). Вони є цінними завдяки корисній дії на здоров'я людини, зокрема як антидіуретичні та антиканцерогенні засоби (Bawadi et al., 2005; de Wet et al., 2010; Gonzalez-Castejon & Rodriguez-Casado, 2011; Kumari & Jain, 2015).

Кора дуба зазвичай містить велику кількість дубильних речовин, переважно у вигляді гідролізованих, основну частину яких складають елагітаніни. Очищені таніни мають високу антиоксидантну силу завдяки здатності поглинати радикали, а також володіють

в'язучими властивостями, подібними до дубильної кислоти (Amr et al., 2020).

Корінь перстачу містить високий рівень дубильних речовин (21,3 %), поліфенольних кислот (3,84 %) та попередники конденсованих дубильних речовин. У водному екстракті, отриманому з кореня перстачу, вміст цих сполук у кілька разів вищий, порівняно до інших видів рослинної сировини, а за вмістом катехіну та епікатехіну – на 5,32 та 5,87 г/100 г відповідно. Екстракт також містить значно більшу кількість епігаллокатехіну галлату, епігаллокатехіну та епігалокатехіну галлату (Synowiec et al., 2014; Valeika et al., 2018).

Родовик лікарський містить дубильні речовини (до 20 %), переважно пірогалолової групи, галову та елагову кислоти, сапоніни, каротин, вітамін С. Фенольні кислоти становлять близько 10 % від загальної кількості поліфенолів у водному екстракті, вміст флавоноїдів сягає 1,6 %. Marchyshyn S. et al. (2018) встановлено найвищий рівень фенолів у водному екстракті (1,871 % у вираженні галової кислоти).

Мета дослідження

Мета роботи – вивчити можливість обробки натуральних оболонок для поліпшення їх якості витяжками з кори дуба, коренів перстачу та родовика лікарського, використаних у різних концентраціях.

Об'єктами досліджень обрано рослинну сировину: кору дуба, корені перстачу та родовика лікарського, водні витяжки з них, свинячі черева (фабрикат).

Завдання роботи:

- дослідити рН екстрактів з вибраної рослинної сировини;
- приготувати витяжки з вибраних рослин для подальшого оброблення ними натуральних ковбасних оболонок;
- встановити вплив екстрактів з рослинної сировини на жиропроникність, паропроникність і водопроникність черев свинячих.

Матеріал і методи досліджень

Відбір зразків для органолептичних досліджень, підготовка до аналізу здійснювались відповідно до чинних нормативних документів. Дослідження проводили в лабораторії кафедри технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького.

Для проведення досліджень було здійснено екстрагування рослинної сировини водою, оскільки це найбільш безпечний метод обробки кишкової сировини порівняно з екстракцією метанолом чи іншими видами розчинників. Кора дуба, корені перстачу і родовика лікарського вітчизняного виробництва придбано в аптеках м. Львова. Для приготування витяжки відібрано 10 г досліджуваної сировини, залито у ємкості гарячою водою ($t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) у кількості 200 мл і витримано під закритою кришкою впродовж 30 хв.

Для проведення подальшого експерименту використано черева свинячі оброблені, вузькі, діаметром

40 мм, консервовані сіллю. Метод приготування фабрикатів кишок включав промивання у проточній воді для звільнення від вмісту солі, при температурі 15–20 $^{\circ}\text{C}$, впродовж 10–15 хвилин, із подальшим замочуванням у воді при температурі 20–35 $^{\circ}\text{C}$.

Оброблені свинячі черева вимочували у витяжках з рослинної сировини різної концентрації. Відтиснутий від води фабрикат кишок занурювали у водні витяжки кори дуба, коренів перстача і родовика лікарського різних концентрацій: 15:100. Тривалість обробки у дослідному проміжку часу при температурі $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить 24 год.

Водні рослинні витяжки для обробки кишкових напівфабрикатів готували шляхом гарячого екстрагування із розведенням до концентрацій (мл/100 мл) 5:100, 10:100, 15:100.

Вимірювання рН проводили згідно з загальноприйнятими методиками. Для цього використовували водну витяжку у співвідношенні 1:10, де 10 г продукту поміщали у конічну колбу об'ємом 250 мл, додавали 100 мл дистильованої води і проводили 30-хвилинну екстракцію з періодичним перемішуванням. Після завершення екстракції рідину фільтрували через паперовий фільтр, після чого рН визначали в отриманому фільтраті. Перед кожним вимірюванням робочі електроди рН-метра промивали дистильованою водою і висушували фільтрувальним папером.

Жиропроникність фабриката черев визначали за часом, впродовж якого на фільтрувальному папері з'являється перша жирова пляма діаметром не менше 1 ніж мм. Досліджувані зразки оболонок перед тестуванням були попередньо висушені до постійної маси при температурі не вище ніж 45 $^{\circ}\text{C}$. За визначеними контурами намальованого на аркуші паперу квадрата розміщували металевий шаблон товщиною 1 мм з отвором розміром 50×50 мм. Жир наносили рівномірним шаром на досліджувану мембрану, використовуючи виріз шаблону. Після цього шаблон знімали, а на шар жиру накладали скло розміром 100×100 мм. На скло накладали вантаж масою 1 кг, що забезпечувало тиск 20 г/см² (Mykhailov et al., 2021). Жиропроникність визначали в динаміці через 0, 12 та 24 годин вимочування при температурі (20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$.

Водопроникність фабриката свинячих черев визначали шляхом зважування на вагах за допомогою спеціального приладу, який складається з залізної посудини з обідком та притертого кільця. Оброблені черева розміщували між посудиною і кільцем. Краї посудини та кільця запаювали. Після цього відміряли 15 мл дистильованої води та заливали її в посудину через верхній отвір. Пристрій зважували і переносили до ексикатора, де витримували впродовж 0, 12 та 24 годин, після чого знову проводили зважування.

Водопроникність черев визначали за формулою 1.

$$B = \frac{G1 - G2}{S} \quad (1),$$

де: G1 – загальна маса, кг;

G2 – маса після витримування, кг;

S – площа черев, м².

Паропроникність фабриката черев визначали ваговим методом за втратою маси води в пристроях, по-

міщених у закрити посудину. Метод ґрунтується на тому, що водяна пара, пройшовши через оболонку, поглинається гігроскопічною речовиною. Спеціальний пристрій заповнювали 15 мл води і поміщали в ексикатор з гігроскопічною речовиною. Таким чином, різниця парціальних тисків водяної пари по обидва боки оболонки змушує пари проходити через черевце, що призводить до зменшення маси пристрою з водою (Domanova, 2012).

Паропроникність черев визначали за формулою 2.

$$q = \frac{G1 - G2}{S} \quad (2),$$

де: G1 – загальна маса, кг;

G2 – маса після витримування, кг;

S – площа черев, м².

Результати

Однією з важливих умов додаткової обробки натуральних ковбасних оболонок є визначення активної

кислотності (pH) водних витяжок. Показник кислотності повинен бути в межах кислого середовища, оскільки зміщення pH в лужний бік призведе до руйнування білків кишкових оболонок. В процесі проведення досліджень здійснено розведення водних витяжок рослинної сировини у співвідношеннях 5:100, 10:100, 15:100. При цьому кислотність pH у розчинах зростає, проте усі розчини характеризувалися як слабкислотні (рис. 1).

При екстрагуванні рослинної сировини лише частина всіх біологічно активних речовин переходить у витяжку. Основні діючі речовини, що сприяють поліпшенню бар'єрних властивостей ковбасних оболонок, включають дубильні речовини, які ущільнюють структуру натуральної ковбасної оболонки завдяки своїй дії на колаген. Органічні кислоти, ароматичні речовини проявляють антимікробну активність, що збільшує термін придатності кишкового фабрику та готового виробу. Зовнішній вигляд дослідної сировини і витяжок наведено на рис. 2–7.

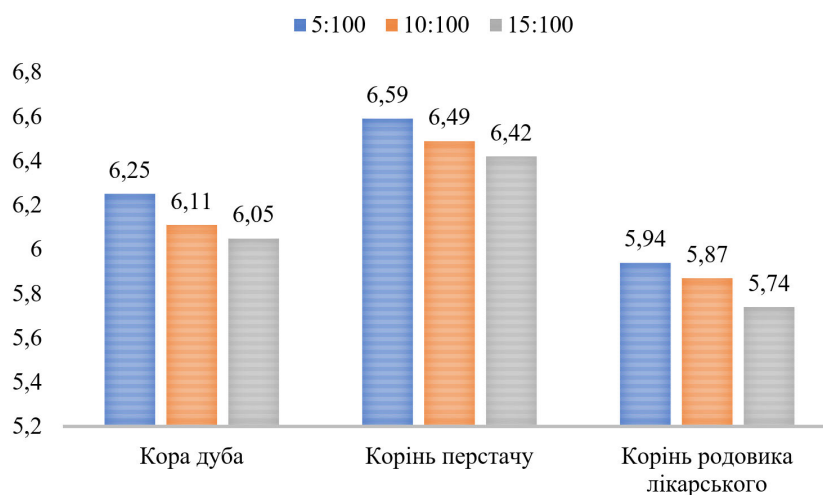


Рис. 1. Порівняльна характеристика pH витяжок з рослинної сировини



Рис. 2. Кора дуба



Рис. 3. Корінь перстачу



Рис. 4. Корінь родовика лікарського

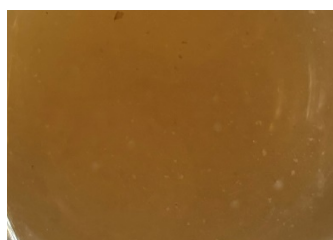


Рис. 5. Зображення витяжки з кори дуба



Рис. 6. Зображення витяжки кореня перстачу

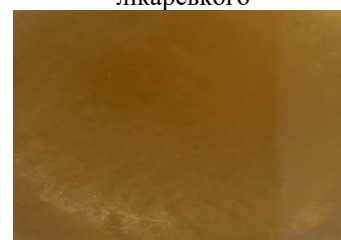


Рис. 7. Зображення витяжки родовика лікарського

Колір витяжок з кори дуба і родовика лікарського коричневий, витяжки з кореня перстачу – світло-коричневі, після фільтрування витяжки усі прозорі, без осаду. Запах витяжки з кори дуба насичений, із

запахом грибів, смак злегка терпкуватий. У витяжки з кореня перстачу запах нейтральний, смак – кислуватий. У витяжки з кореня родовика – запах приємний, квітковий, смак – гіркуватий і терпкий (табл. 1).

Таблиця 1

Органолептичні характеристики водних витяжок з дослідних рослин

Показник	Назва сировини		
	Витяжка з кори дуба	Витяжка з кореня перстачу	Витяжка з кореня родовика лікарського
колір	коричневий	світло-коричневий	коричневий
прозорість	прозорий	прозорий	прозорий
запах	насичений, грибний	нейтральний	квітковий
смак	терпкий	кислуватий	гіркуватий, дещо терпкий

Жиропроникність черев свинячих залежить від наявності дефектів і пористості кишкової сировини. Для використання оброблених оболонок у витяжках з рослинної сировини також слід враховувати особливості температури при термічній обробці ковбас.

Дослідження жиропроникності свинячих черев, витриманих у витяжках з рослинної сировини різної

концентрації (5:100, 10:100, 15:100), здійснювали впродовж 0, 12 та 24 годин способом вимочування. На рис. 8 наведено динаміку зміни жиропроникності черев свинячих, витриманих у витяжках з рослинної сировини після 24 год вимочування, оскільки цей термін є достатнім для поліпшення якості оболонок і збереження їх якості.

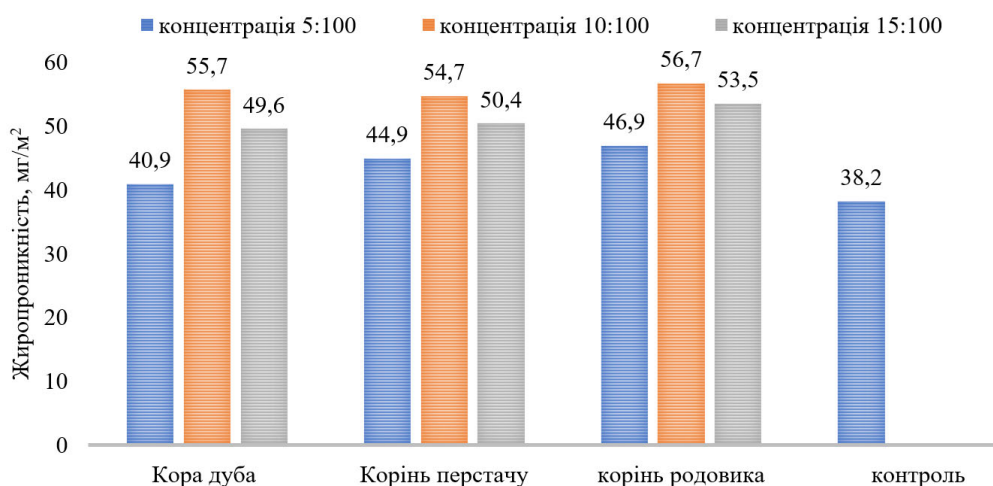


Рис. 8. Динаміка жиропроникності черев свинячих, витриманих у витяжках з рослинної сировини після 24 год вимочування, мг/м²

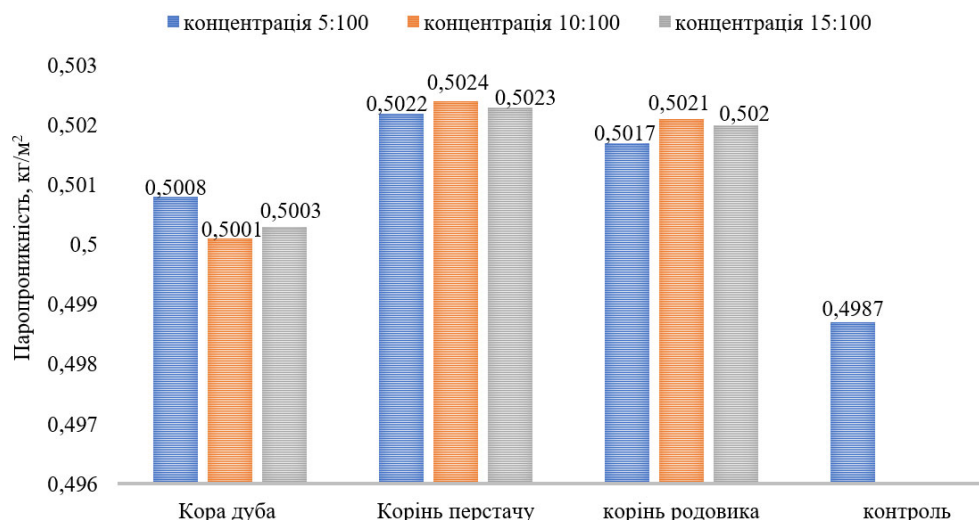


Рис. 9. Динаміка паропроникності черев свинячих, витриманих у витяжках з рослинної сировини після 24 год вимочування, кг/м²

Варто зазначити, що такий показник, як вологопроникність ковбасних оболонок, характеризує збереження соковитості ковбас після термічної обробки. Проникнення води через ковбасну оболонку також залежить від її структури та властивостей. На вологопроникність також можуть впливати мікропори та дефекти кишкової сировини, які вона могла отримати на етапі технології очищення. Показник вологопрони-

кності є узагальненим, оскільки ґрунтується на показниках паро- та водопроникності.

Паропроникність вимірювали в кілограмах на квадратний метр ($\text{кг}/\text{м}^2$) упродовж різних інтервалів часу: 0, 12, та 24 години.

Для визначення водопроникності свинячих черев витримували в часових інтервалах 0, 12 і 24 години.

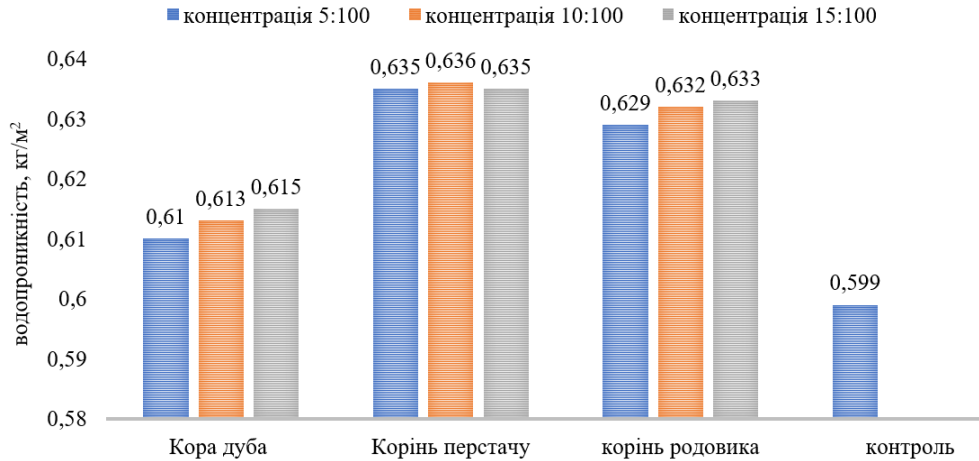


Рис. 10. Динаміка водопроникності черев свинячих, витриманих у витяжках з рослинної сировини, після 24 год витримування, $\text{кг}/\text{м}^2$

При визначенні водопроникності слід враховувати, що молекули води проходять через оболонку і піддаються дії тиску, який дорівнює масі стовпа рідини у судинах над оболонкою.

Обговорення

Слабокисле середовище водних витяжок з досліджуваної сировини свідчить про наявність у корі дуба великої кількості фенольних сполук, зокрема таніну, а в корені перстачу – флавоноїду катехіну, що надають витяжці лужну реакцію, тим самим підвищують значення рН. Найнижче значення рН у витяжках з кореня родовика лікарського, що, вочевидь, пояснюється його хімічним складом, зокрема наявністю щавлевої, винної, лимонної і бензойної кислот (Kudria, 2019). Початкові значення рН витяжок: кори дуба – 5,27, кореня перстачу – 5,91, кореня родовика – 5,4. При їх розведенні у концентраціях 5:100, 10:100 та 15:100 рН витяжок кори дуба і кореня перстачу підвищувався, досягаючи максимуму рН 6,25 і 6,59 відповідно, через фенольні сполуки у їх складі. У витяжках з кореня родовика рН залишався нижчим (рН 5,94 при 5:100).

При витримуванні натуральних оболонок у витяжках з рослинної сировини після 24 год при концентрації 5:100 встановлено, що жиропроникність зразка, обробленого витяжкою з кори дуба, становить $40,9 \text{ мг}/\text{м}^2$, що на 7,07 % більше порівняно з контрольним зразком. Це вказує на незначне підвищення жиропроникності під впливом витяжки кори дуба. При концентрації 10:100 жиропроникність зростає до $55,7 \text{ мг}/\text{м}^2$, що відповідає збільшенню на 45,81 %. Це суттєве підвищення вказує на значний вплив підвищеної концентрації витяжки на жиропроникність оболонок.

Однак при концентрації 15:100 жиропроникність знижується до $49,6 \text{ мг}/\text{м}^2$, що на 29,84 % вище порівняно з контролем, але нижче порівняно з витяжкою із концентрацією 10:100. Це може вказувати на те, що оптимальна концентрація перебуває в межах від 10:100 до 15:100.

Вартий уваги той факт, що при концентрації 5:100 жиропроникність зразка, обробленого витяжкою з кореня перстачу, становить $44,9 \text{ мг}/\text{м}^2$, що на 17,54 % більше порівняно з контролем. Це свідчить про значний вплив на цей показник органічних сполук з витяжок із кореня перстачу. При концентрації 10:100 жиропроникність досягає $54,7 \text{ мг}/\text{м}^2$, що становить збільшення цього показника на 43,20 %, вказуючи на максимальний ефект даної концентрації. При збільшенні концентрації до 15:100 жиропроникність знижується до $50,4 \text{ мг}/\text{м}^2$, що на 31,94 % вище від показника в контрольному зразку.

Показовим є те, що при концентрації 5:100 жиропроникність зразка, обробленого витяжкою з кореня родовика лікарського, становить $46,9 \text{ мг}/\text{м}^2$, що на 22,77 % перевищує значення контрольного зразка, що є найвищим показником серед усіх зразків при цій концентрації. При концентрації 10:100 жиропроникність досягає максимуму – $56,7 \text{ мг}/\text{м}^2$, що на 48,43 % більше, ніж у контролі. Це вказує на найвищий вплив кореня родовика на жиропроникність серед усіх досліджуваних концентрацій. При концентрації 15:100 жиропроникність знижується до $53,5 \text{ мг}/\text{м}^2$, що на 40,05 % більше порівняно з контролем, але нижче, ніж при концентрації 10:100.

Загалом витяжка з кореня родовика лікарського вказує на найбільші значення цих показників при концентрації 10:100 (48,43 %) порівняно з витяжками

із кори дуба та кореня перстачу. Витяжка з кореня родовика виявляється найбільш ефективною для підвищення жиропроникності. Витяжка з кори дуба також демонструє значне зростання жиропроникності при концентрації 10:100, проте ефективність знижується при концентрації 15:100. Витяжка з кореня перстачу займає проміжне місце, показуючи добрі результати при концентрації 10:100, але ефективність також знижується при подальшому підвищенні концентрації. Найбільший вплив на жиропроникність свинячих черев має корінь родовика при концентрації 10:100.

Результати наших досліджень подібні до результатів досліджень (Domanova, 2012), яка для обробки натуральних оболонок для виробництва ковбас використовувала витяжки шавлії, деревію і шипшини.

При концентрації витяжки з кори дуба 5:100 паропроникність становить 0,5008 кг/м², що на 0,42 % більше порівняно з контрольним зразком (0,4987 кг/м²). Це вказує на те, що обробка витяжкою з кори дуба при цій концентрації дещо підвищує здатність зразка пропускати пару. При концентрації 10:100 паропроникність знижується до 0,5001 кг/м², що лише на 0,28 % більше від цього показника у контрольному зразку, що підтверджує тенденцію до зменшення ефективності обробки при підвищенні концентрації. При концентрації 15:100 паропроникність підвищується до рівня 0,5003 кг/м², що на 0,32 % більше від значення цього показника у контролі. Подальше збільшення концентрації витяжки не призводило до значного зростання паропроникності.

При концентрації витяжки з кореня перстачу 5:100 паропроникність становила 0,5022 кг/м², що на 0,70 % перевищує значення у контрольному зразку, що свідчить про значний вплив кореня перстачу навіть при низькій концентрації. При концентрації 10:100 паропроникність зростає до 0,5024 кг/м², що на 0,74 % більше за контроль. Це показує, що збільшення концентрації підсилює ефект обробки, хоча й незначно. При концентрації 15:100 паропроникність дещо знижується – до 0,5023 кг/м², що на 0,72 % більше від значення у контрольному зразку, вказуючи на те, що подальше підвищення концентрації не має значного впливу на паропроникність порівняно з концентрацією 10:100.

При концентрації витяжки з кореня родовика лікарського 5:100 паропроникність становить 0,5017 кг/м², що на 0,60 % більше від значення у контрольному зразку, що демонструє позитивний вплив витяжки з кореня родовика на паропроникність. При концентрації 10:100 паропроникність підвищується до 0,5021 кг/м², що на 0,68 % більше від контролю. При концентрації 15:100 паропроникність дещо знижується – до 0,5020 кг/м², що на 0,66 % більше від контролю, вказуючи на те, що максимальний ефект досягається при концентрації 10:100.

Витяжки з кореня перстачу забезпечують найвищий рівень паропроникності серед усіх рослинних видів сировини при будь-якій концентрації, причому найкращі результати досягаються при концентрації 10:100.

Такі результати досліджень пояснюються різним вмістом дубильних речовин у витяжках з рослинної

сировини. Під впливом дубильних речовин, зокрема таніну, що міститься у них в різних кількостях розпочинається процес дублення, а це своєю чергою призводить до зміцнення просторової структури білка колагену, що входить до складу оболонок ковбас, і утворюються поперечні зв'язки між самими молекулами колагену та фенольними гідроксидами дубильних речовин. Кислоти, які містяться у витяжках з рослинної сировини, мають позитивний надлишковий заряд колагену і його структура розширюється, оскільки розширюються фібрили. В розширені ділянки поступає вода, і розпочинається набухання, тобто дублення.

Зразок оброблений витяжкою кореня перстачу демонструє найбільшу ефективність для підвищення показника водопроникності свинячих черев. Приріст водопроникності значно перевищує показники інших витяжок, досягаючи максимуму при концентрації 10:100 (6,18 %).

Зразок оброблений витяжкою кори дуба має найменший вплив на водопроникність, хоча збільшення концентрації з 5:100 до 15:100 дещо підвищує водопроникність. Загальний ефект залишається найнижчим серед досліджуваних витяжок.

Зразок, оброблений витяжкою кореня родовика лікарського, показує середні результати, поступово підвищуючи водопроникність зі збільшенням концентрації витяжки. Найвищий приріст (5,67 %) виявлено при концентрації 15:100. Результати наших досліджень узгоджуються з результатами досліджень (Domanova, 2012).

Збільшення концентрації витяжок призводить до підвищення водопроникності свинячих черев, однак ефективність цього процесу залежить від типу рослинної сировини. Корінь перстачу демонструє найбільший вплив, тимчасом як кора дуба – найменший.

Висновки

За результатами досліджень встановлено можливість використання водних витяжок з рослинної сировини для підвищення бар'єрних та технологічних властивостей натуральних оболонок, що будуть використані при виробництві ковбасних виробів.

Для обробки натуральних оболонок ковбас обрано рослини з високим вмістом дубильних речовин: кору дуба (*Quercus robur L.*), (містить до 12 % катехінових дубильних речовин), кореневища перстачу (*Potentilla erecta L.*) (багатий на дубильні речовини (до 30 %) та елагову кислоту) і родовика (*Sanquisorba officinalis L.*) (містить до 20 % дубильних речовин). Для приготування витяжок з вибраних рослин здійснено екстрагування води (t = 100 °C). Даний метод є ефективним, що забезпечує збереження активних компонентів, технологічних властивостей натуральної оболонки.

Дослідження показника рН засвідчили, що всі водні витяжки з обраної рослинної сировини є слабкислотними, що сприяє збереженню білків кишкових оболонок. При концентрації витяжок 5:100, 10:100 та 15:100 рН витяжок кори дуба і кореня перстачу підвищувався, досягаючи максимуму 6,25 і 6,59 відповідно завдяки вмісту в складі цих рослин фенольних

сполук. У витяжках родовика рН залишався нижчим (5,94 у концентрації 5:100).

Встановлено, що витяжки з рослинної сировини впливають на фізико-хімічні властивості свинячих черев, зокрема поліпшення бар'єрних властивостей натуральних оболонкок, що досягає максимуму після 24 год витримування їх у дослідних витяжках.

Доведено, що витяжка з кореня родовика лікарського показала максимальний приріст жиропроникності при концентрації 10:100 (на 48,43 %). Витяжка кори дуба при такій самій концентрації забезпечила зростання показника на 45,81 %, проте ефективність зменшувалася при збільшенні концентрації до 15:100. Екстракт кореня перстачу також виявив помірний вплив, досягнувши найкращого результату при розведенні 10:100.

Встановлено, що витяжка з кореня перстачу продемонструвала найвищу паропроникність при концентрації 10:100. Витяжки родовика та дуба також мали позитивний вплив, але менш виражений.

Витяжка з кореня родовика лікарського продемонструвала найбільшу ефективність для підвищення жир- та водопроникності, тимчасом як витяжка з кореня перстачу продемонструвала найкраще значення показника для паропроникності, що є важливим для поліпшення технології виробництва ковбас.

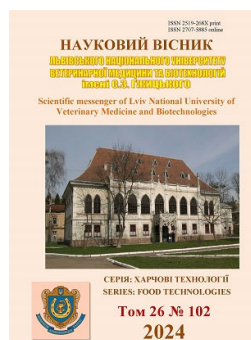
Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Amr, A. S., Ahmad, M. N., & Abdullaht, M. A. (2020). Oak (*Quercus aegilops* L.) Root Bark Tannins Astringency, Antioxidant Potential, and Use as Functional Tea Jordan Journal of Agricultural Sciences, 16(2), 27–37. DOI: 10.35516/jjas.v16i2.57.
- Bawadi, H. A., Bansode, R. R., II Trappey, A., Truax, R. E., & Losso, J. N. (2005). Inhibition of Caco-2 colon, MCF-7, and Hs578T breast, and DU 145 prostatic cancer cell proliferation by water-soluble black bean condensed tannins. Cancer letters, 218(2), 153–162. DOI: 10.1016/j.canlet.2004.06.021.
- Cobzac, S., Moldovan, M., Olah, N. K., Bobos, L., & Surducian, E. (2005). Tannin extraction efficiency, from *Rubus idaeus*, *Cydonia oblonga*, and *rumex acetosa*, using different extraction techniques and spectrophotometric quantification. Seria F. Chemia, 8, 55–58.
- de Wet, H., Nkwanyana, M. N., & van Vuuren, S. F. (2010). Medicinal plants used for the treatment of diarrhea in northern Maputaland, Kwa Zulu-Natal province, South Africa. Journal of Ethno pharmacology, 130(2), 284–289. DOI: 10.1016/j.jep.2010.05.004.
- Domanova, O. V. (2012). Doslidzhennia vplyvu vodnykh ekstraktiv roslin na vodopronyknist naturalnykh kovbasnykh obolonok. Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv, 29, 195–199 (in Ukrainian).
- Domanova, O. V. (2012). Vplyv roslinnykh komponentiv na barierni vlastyvoli naturalnykh kovbasnykh obolonok. V: Aktualni pytannia suchasnoho tovaroznavstva. Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii; 12-13 kvitnia 2012 r. Donetsk. DonNUET, 135–136 (in Ukrainian).
- Domanova, O. V. (2017). Spozhyvni vlastyvoli smazhenykh kovbas v modifikovanykh naturalnykh obolonkakh [Dysertatsiina robota]. Kyiv: Kyivskyi natsionalnyi torhovelno-ekonomichnyi universytet (in Ukrainian).
- Domanova, O. V., & Shubina, L. Iu. (2011). Pryntsypy bariernykh tekhnologii u kovbasnomu vyrobnytstvi. V: Suchasnyi rynek torhivli ta problemy zdorovoho kharchuvannia. Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii. 21 zhovtnia 2011. Kharkiv. KhDUKhT, 9–10 (in Ukrainian).
- Domanova, O. V., & Shubina, L. Iu. (2012). Dynamika zhyropronyknosti modifikovanykh naturalnykh kovbasnykh obolonok. V: Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia; 19-20 kvitnia 2012. Donetsk, 124–125 (in Ukrainian).
- Gonzalez-Castejon, M., & Rodriguez-Casado, A. (2011). Dietary phytochemicals and their potential effects on obesity: a review. Pharmacological Research, 64(5), 438–455. DOI: 10.1016/j.phrs.2011.07.004.
- Harbertson, J., Parpinello, G., Heymann, H., & Downey, M. (2012). Impact of exogenous tannin additions on wine chemistry and wine sensory character. Food Chemistry, 131, 999–1008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.09.10.
- Kudria, V. V. (2019). Farmakohnostychnе doslidzhennia rodovyka likarskoho (*Sanguisorba officinalis* L.), kultyvovanoho v Ukraini [Dysertatsiina robota]. Ternopil: Natsionalnyi farmatsevtichnyi universytet (in Ukrainian).
- Kumari, M., & Jain, S. (2015). Screening of potential sources of tannin and its therapeutic application. Int J Nutr Food Sci., 4(2), 26–29. DOI: 10.11648/j.ijnfs.s.2015040201.15.
- Lipińska, L., Klewicka, E., & Sójka, M. (2014). The structure, occurrence and biological activity of ellagitannins: a general review. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment, 13(3), 289–299. DOI: 10.17306/J.AFS.2014.3.7.
- Marchyshyn, S. M., Kudria, V. V., Dakhym, I. S., & Zarichanska, O. V. (2018). Doslidzhennia vuhlevodiv korenevyskh i koreniv ta travy rodovyka likarskoho (*Sanguisorba officinalis* L.). Medychna ta klinichna khimiia, 20(1), 93–99. DOI: 10.11603/mcch.2410-681X.2018.v0.i1.8885.
- Mykhailov, V. M., Onyshchenko, V. M., Yancheva, M. O., & Shubina, L. Iu. (2021). Doslidzhennia zakhysnykh vlastyvolei i bezpechnosti kyshkovykh kovbasnykh obolonok. Kharkiv: KhDUKhT (in Ukrainian).
- Shad, M., Nawaz, H., Rehman, T., Ahmad, H., & Hussain, M. (2012). Optimization of an extraction efficiency of tannins from *Cichorium Intybus* L.: application of response surface methodology. Journal of Medicinal Plants Research, 28(6), 4467–4474. DOI: 10.13140/2.1.3761.7283.
- Shubina, L. Iu., Domanova, O. V., & Nepochatykh, T. A. (2011). Obiektivna otsinka mozhlyvosti pidvyshchennia bariernykh vlastyvolei naturalnykh kovbasnykh obolonok. Prohresyva tekhnika ta

- tekhnohiiia kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva ta torhivli, 1(13), 263–268. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2011_1_44 (in Ukrainian).
- Synowiec, A., Gniewosz, M., Bączek, K., & Przybył, J. L. (2014). Antimicrobial effect of an aqueous extract of *Potentilla erecta* rhizome. *Herba Polonica*, 60(2), 18–28. DOI: 10.2478/hepo-2014-0007.
- Valeika, V., Sapijanskaite, B., Sirvaityte, J., Plavan, V., & Alaburdaite, R. (2018). *Potentilla Erecta* (L.) Raeusch as an Alternative Source of Environmentally Friendly Polyphenols for Leather Tanning. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 113(6), 183–191.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10205
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 504:064.47

Rice husk biochar: production and sorption properties

O. Kupriyashkina✉

Odesa National Technological University, Odesa, Ukraine

Article info

Received 28.06.2024

Received in revised form
30.07.2024

Accepted 31.07.2024

Odesa National Technological
University, Kanatna Str., 112,
Odesa, 65039, Ukraine.
Tel.: +38-093-992-30-32
E-mail: lenakupe@ukr.net

Kupriyashkina, O. (2024). Rice husk biochar: production and sorption properties. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 30–38. doi: 10.32718/nvlvet-f10205

Rice husk processing is not only a global problem, but also an acute one in Ukraine - utilization and processing of rice husks into a targeted secondary product is an urgent and promising task, given the volume of their accumulation. The purpose of this study is to obtain biochar that can be used efficiently and effectively in the anaerobic digestion process for biogas production and to determine its sorption characteristics. The results of determining the chemical composition of raw materials and biochar obtained by pyrolysis and microwave irradiation, with an increase in the pyrolysis temperature, the proportion of lignin and ash increases. Studies of the interaction of lead ions with plant material and its modified forms show that sorption by modified forms is much higher than by plant material, probably due to differences in chemical composition, surface properties, etc. Comparison of the data on the sorption of lead ions by modified forms (biochar) allows us to conclude that the method of preparation has a significant effect on the sorption value. The pyrolysis temperature of biochar has a favorable effect on the sorption properties of the samples. The obtained adsorption isotherms belong to the L-type. The maximum sorption values are observed under the experimental conditions at an initial concentration of lead ions of 1.00 mg/ml. The study of the kinetic parameters of the processes of lead ion sorption by biochar preparations based on the curve of residual lead ion concentrations shows that equilibrium in the system is achieved in a few hours. The rate of lead ion sorption increases with increasing pyrolysis temperature. The highest rate of lead ion sorption is observed for biochar obtained by using microwave irradiation. The maximum sorption values are observed after 2.5...3 hours of incubation. The value of lead ion sorption by Biochar-300 is 40.7 % after 3 hours of their joint incubation. An increase in the interaction time does not lead to a significant increase in the degree of sorption of lead ions by plant material and its modified forms.

Key words: rice husk, biochar, sorption properties, environmental protection technologies.

Біочар з рисової лузги: отримання та сорбційні властивості

O. Купріяшкіна✉

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

Переробка рисової лузги є не лише глобальною проблемою, вона також гостро стоїть в Україні – утилізація та переробка рисової лузги у цільовий вторинний продукт є актуальним та перспективним завданням, враховуючи об'єми їх накопичення. Метою даного дослідження є отримання біоугілля, яке якісно та ефективно може бути застосовано в подальшому під час процесу анаеробного зброджування для отримання біогазу та визначення його сорбційних характеристик. Результати визначення хімічного складу сировини та біочарів, отриманих піролізом та мікрохвильовим опроміненням, показали, що зі збільшенням температури піролізу збільшується частка лігніну та золи. Дослідження взаємодії іонів свинцю із рослинною сировиною та її модифікованими формами свідчать про те, що сорбція модифікованими формами значно вища, ніж рослинною сировиною, ймовірно, завдяки відмінностям у хімічному складі, властивостях поверхні та ін. Зіставлення даних сорбції іонів свинцю модифікованими формами (біочарами) дозволяє зробити висновки про значний вплив методу отримання на величину сорбції. Температура піролізу біочару надає сприятливий вплив на сорбційні властивості зразків. Отримані ізотерми адсорбції належать до L-типу. Максимальні значення сорбції спостерігаються в умовах дослідів при початковій концентрації іонів свинцю 1,00 мг/мл. Дослідження кінетичних параметрів процесів сорбції іонів свинцю препаратами біочарів за перебігом кривої залишкових концентрацій іонів свинцю свідчить, що рівновага у системі досягається за кілька годин. Швидкість сорбції іонів свинцю зростає при збільшенні температури

піролізу. Найвища швидкість сорбції іонів свинцю спостерігається для біочару, отриманого при використанні мікрохвильового опромінення. Максимальні значення сорбції спостерігаються через 2,5...3 години інкубації. Величина сорбції іонів свинцю препаратом біочар-300 становить 40,7 % після трьох годин їх спільної інкубації. Збільшення часу взаємодії не призводить до суттєвого зростання ступеня сорбції іонів свинцю рослинною сировиною та її модифікованими формами.

Ключові слова: рисова лузга, біочар, сорбційні властивості, технології захисту навколишнього середовища.

Introduction

Given the tendency for waste to accumulate in regions such as Europe, East, Central and South Asia, and the Pacific, experts note that global waste will increase to 2586 tons by 2030, and by 2050, this data is projected to reach 3401 tons. Rice husk is one of the components of waste in Ukraine, and its utilization and processing into a targeted secondary product is an urgent and promising task, given the volume of its accumulation. Due to the fact that rice husk is a valuable and organic-rich waste (cellulose, hemicellulose, lignin, etc.), research is developing to produce bioenergy from it as a potential source (Patra et al., 2017). A number of studies have also been conducted to produce biochar from rice husks, with positive results.

Biochar is a solid, amorphous and carbon-rich residue after pyrolysis of biomass, which is similar to charcoal with high porosity, higher specific surface area, higher aromaticity, a variety of functional groups, and contains hydrogen, oxygen, nitrogen, sulfur and ash.

Biochar is mainly characterized by three chemical elements in its composition, namely Carbon, Hydrogen and Nitrogen, which is approximately 44.03, 8.04 and 0.17 %, respectively. The physicochemical characteristics (physical, chemical, spectral, morphological characteristics) of biochar are most influenced by temperature (Yadav & Ramakrishna, 2023).

Biochar is produced using several technologies, for example, slow pyrolysis (300–700 °C), fast pyrolysis (300–1000 °C), intermediate pyrolysis (300–500 °C), instantaneous carbonization (300–600 °C), gasification (600–1500 °C), torrefaction (200–300 °C), hydrothermal carbonization (100–300 °C), microwave pyrolysis (350–650 °C (400–2700 W)). The difference between these technologies is not only in temperature, but also in the time of exposure of raw materials and the yield of biochar. Slow and fast pyrolysis are considered to be the most common in experimental studies of these technologies, and slow pyrolysis is the most efficient in terms of biochar yield (21–80 %), and microwave pyrolysis (microwave irradiation) is also a promising area of research (15–80 %) (Nurmukhammedov & Hanzhenko, 2022). During the pyrolysis process, functional groups are destroyed, which affects the structure of biochar and chemical properties, while the atomic ratio of carbon increases with increasing pyrolysis temperature, other atomic components such as hydrogen, oxygen, nitrogen and others decrease.

A large number of studies have been conducted on the above technologies, for example, it was proposed to use intermediate pyrolysis of chicken manure in a screw reactor at a temperature of 350 °C, heating rate of 4.5 °C/min, resulting in biochar with a yield of 55.7 % and a carbon content of 62 % (Kholod et al., 2022). The same technology was used to produce biochar with a yield of 19 % by

pyrolyzing burdock grass at 600 °C and a heating rate of 50 °C/min.

For better biochar quality, namely the content of a higher percentage of carbon, high temperature plays an important role, due to the rapid removal of volatile compounds from the biomass of the feedstock, using the technology of fast pyrolysis of pine sawdust, a yield of 70.68 to 78.75 % was obtained at a temperature of 550–750 °C.

The technology of slow pyrolysis of wheat straw yielded 94.8 wt%, at a temperature of 750–900 °C and 30 minutes of wood biomass in the furnace, high-quality biochar was obtained that can replace conventional coal.

Microwave assisted pyrolysis (MAP) is considered as an alternative to traditional biochar production technologies in reactors, it is more controllable than previous technologies, is a one-step process, and has an economical and energy-efficient positive impact. IDM generates heat due to molecular motion caused by the movement of ions and dipolar particles, this type of heating at the molecular level leads to fast, efficient and homogeneous heating of the feedstock throughout the reactor (Allende et al., 2023). The advantages and disadvantages of this technology were analyzed during the study of process parameters such as temperature, mass flow rate of raw materials, microwave power, heating rate and residence time of raw materials in the reactor.

Rice husk waste was also actively used as a raw material for microwave pyrolysis, for example, at a temperature of 500 °C for 5 s, the process of burning waste in garbage bags (LDPE) took place, the biomass yield was 61.25 wt. On the basis of this study, a quadratic polynomial model was developed to predict the biochar yield by varying various process parameters. The biochar produced by microwave pyrolysis of kitchen waste with rice straw and ZnCl₂ as a sensor demonstrated, in a 1:1 ratio, low ash content combined with high calorific value (20.550 MJ/kg), high energy yield (55.944 %) and high fuel utilization factor (<5.267). Rice husks were also used in pyrolysis, which was carried out in the temperature range of 400–750 °C and a heating rate of 50 °C/s in a helium atmosphere, and the study resulted in the production of target products such as biogas and biochar. Biochar was obtained from rice husks: biomass was dried at 90 °C overnight, then mixed with zinc chloride (ZnCl₂) in a ratio of 1:0.5 and pyrolyzed at 900 °C for 1 hour at 10 °C/min. The resulting mass was washed with an aqueous solution of HCL (10 wt.%), and distilled water and ethanol (99.7 %), then dried at 60 °C overnight to obtain biochar.

Biochar from rice husk waste is used as a clean fuel, for the extraction of pollutants and composting of organic waste, for the removal of heavy metals, for the production of building materials, and as an additive in methanogenesis.

Biochar is used in the anaerobic digestion of food waste to increase the efficiency and productivity of the

biogas production process. This is due to microbial enrichment, increased buffering capacity, and inhibition of ammonia acid by biochar, which allows to increase methane production by about 20 % and reduce the amount of accumulated VFAs if the process took place under mesophilic thermal conditions.

The purpose of the study

The purpose of this study is to obtain biochar that can be used efficiently and effectively in the future during the anaerobic digestion of rice husk waste to produce biogas and to determine its sorption characteristics.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

- 1) to provide a comparative chemical composition of raw materials and biochar obtained using thermal and microwave methods;
- 2) determine the particle size distribution of biochar after grinding;
- 3) to evaluate the sorption activity of plant material and biochar obtained from it;
- 4) studying the adsorption isotherms of lead acetate by preparations of raw materials and biochar;
- 5) determination of sorption constants of lead ions by biochar;

6) studying the effect of lead ion concentration on the amount of their sorption by biochar;

7) studying the kinetic parameters of lead ion sorption by biochar.

Methods and materials

Biochar was produced from rice husk waste. The raw material was obtained from Sputnik LLC (Reni, Odesa region, Ukraine).

Two types of biochar production were used: thermal pyrolysis and microwave pyrolysis (microwave irradiation). The feedstock, rice husk waste, was washed with deionized water and then dried at 105 °C for 24 hours and stored in a sealed container.

Preparation of biofuels by pyrolysis: the pyrolysis process was carried out in a tubular furnace with continuous purging of nitrogen gas at a rate of 30 ml/min. The heating rate was constant at 15°C/min. Then the samples were kept at 300°C and 500 °C for 30 minutes. The resulting biofuels were labeled with heating temperatures as biochar-300 and biochar-500, respectively.

The carbonization process was carried out in the experimental laboratory setup shown in Figure 1.

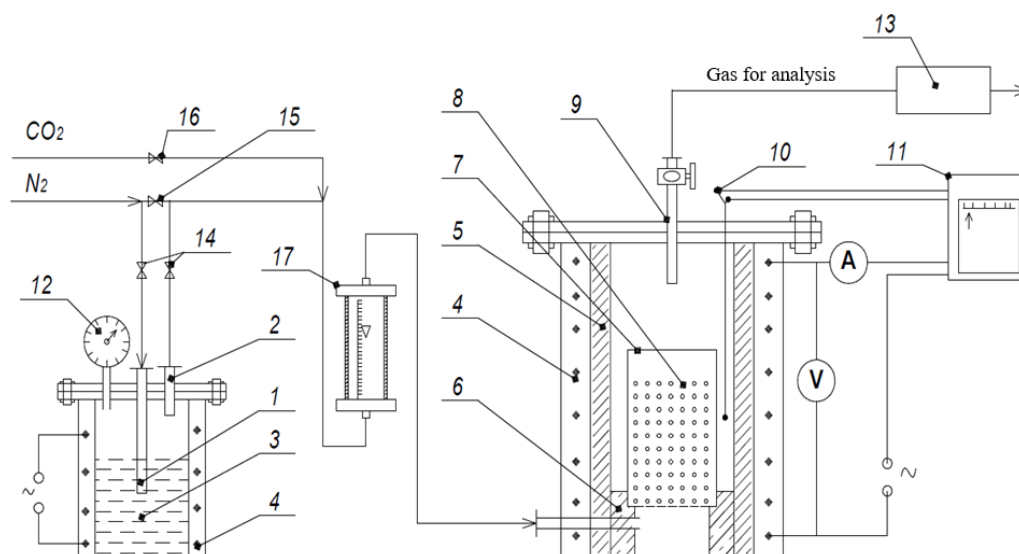


Fig. 1. Schematic of the experimental setup for carbonization of rice husk and activation of carbonitrate
1 – nitrogen inlet pipe; 2 – nitrogen-water vapor mixture outlet pipe; 3 – steam generator; 4 – electric heater; 5 – reactor; 6 – stop ring; 7 – reaction flask with perforated bottom; 8 – raw material; 9 – gas outlet pipe; 10 – thermocouple; 11 – KS-2 device; 12 – manometer; 13 – gas analyzer; 14, 15, 16 – valves; 17 – flow meter.

After washing and drying, a weight of rice husk (40 g) 8 is placed in a perforated bottom reaction beaker 7. With the valves 14 and 16 closed, open the valve 15 and purge the installation with nitrogen to remove air from the reactor 5. The electric heater 4 of the reactor 5 is turned on and the process temperature is set using a sensor built into the compensation recorder 11 (Xu et al., 2023). The temperature is controlled using a thermocouple 10. The generated pyrolysis gas is analyzed for component content using a Gasboard 3100R 13 gas analyzer.

The resulting carbonized product is gray in color and retains its original morphological shape.

For microwave pyrolysis (microwave irradiation), a conventional Beko microwave oven with a microwave power of 800 W was used, in which pyrolysis took place for 15 minutes (Fig. 2).

A microwave digestion system with a maximum power of 800 W and a temperature of 230 °C, as shown in Figure 2, was used to perform the biochar experiments. First, the deionized water and spent rice husk were placed in the reactor vessel at the desired biomass to water ratio (1:2), and then the vessel was tightly closed. Then, the parameters of the experiment process were set (temperature – 230 °C, holding time – 15 minutes), after which the

samples were kept in the reaction mixture for the appropriate time. After the reaction was completed, the reactor was cooled to room temperature with a fan. The final hydrocarbon product (biochar) was washed several times with deionized water and then dried in an oven at 105 °C for 24 hours. The resulting biofuel was labeled by the method of production as biochar-MX.



Fig. 2. Beko microwave oven with a microwave power of 800 W.

After carbonization, the material was subjected to grinding in a ball mill, followed by particle size classification.

All experiments and characterization analyses were performed in triplicate.

Biopolymer composition of the samples: hemicelluloses (HMC) were determined by treating biochar samples with hydrochloric acid with a mass fraction of 2 % according to the method of hydrolysis of easily hydrolyzed polysaccharides. The amount of reduction of hydrolysate capacity (Hagedron-Jensen method) multiplied by a coefficient of 0.88 was used to determine the content of HMCs (Kabir et al., 2023). Cellulose was determined by hydrolyzing the residue after removal of HMCs with sulfuric acid according to the method of hydrolyzing polysaccharides that are difficult to hydrolyze in the presence of 85 % sulfuric acid for 5 hours at 100 °C (Kabir et al., 2023). Reducing substances were determined in the hydrolysates and multiplied by a factor of 0.9.

Total nitrogen was determined by the Kjeldahl method, and protein substances were determined by multiplying total nitrogen by the appropriate coefficient (Pan et al., 2023). Lignin was determined as a residue after cellulose hydrolysis. Lipids were determined by gravimetric extraction with a nonpolar solvent. Ash was determined by the gravimetric method.

Sorption of lead ions – the test samples (0.25 g) were placed in a solution of lead acetate with a concentration of 0.01 mol/L, hydromodule 20. In the blank experiment, the samples were placed in distilled water. The preparations were kept in solutions of lead salt for 17 hours (time of establishment of sorption equilibrium) at 37 °C, and then the concentration of lead ions in the filtrates was determined spectrophotometrically. The amount of lead sorption was determined by the difference between the initial and residual concentrations of lead ions in solution.

Adsorption isotherms – to determine the adsorption isotherms, equal weights of biochar (0.1 g) were placed in a solution of lead acetate (0.25–2.0 mg/ml). After 2.5

hours of incubation with constant stirring at 20 °C, the residual concentrations of lead acetate were determined and for each concentration the amount of sorbate absorbed per unit mass (0.1 g) of sorbent, i.e., the specific capacity of the sorbent, was calculated. The amount of lead acetate adsorbed by 1 g of biochar was calculated by the formula (Hanes, 1929):

$$G = \frac{(C_0 - C_{eq}) \cdot a}{B}$$

where C_0 is the initial concentration of lead acetate, mg/ml; C_{eq} is the residual (equilibrium) concentration of lead acetate, mg/ml; a is the volume of lead acetate solution added to the biochar sample, ml; B is the weight of the biochar, g.

The obtained results are presented graphically – the specific capacity of the sorbent (mg/g) was plotted on the ordinate axis, and the corresponding values of the residual concentration (S.C., mg/mL) were plotted on the abscissa axis.

Statistical processing of the experimental results was performed using R, Prism and Excel software.

Results and discussion

Most food and agricultural wastes are lignocellulosic materials, consisting of cellulose, hemicelluloses, and lignin. Cellulose is a type of glucose polymer organized into long chains and has a well-ordered structure (Licon, 2022). Hemicelluloses are branched polysaccharides composed of two or more monosaccharides. The lignin component consists of phenolic monomers that are joined together to form branched molecules with long chains. It serves as a binder for gluing cellulose fibers together.

The organic compounds present in biomass decompose at a certain temperature in an environment with limited oxygen. Factors that affect the pyrolysis product include process temperature, residence time, biomass type, and heating rate. Initially, hemicelluloses decompose at 220 °C, with decomposition mostly complete at 315 °C. Cellulose begins to decompose at temperatures above 315 °C and by 400 °C all cellulose is converted to non-condensable gas and condensable organic vapors. Lignin begins to decompose at 160 °C, but the process is slow and decomposition continues until the temperature reaches 900 °C.

Table 1 shows the results of the study of the chemical composition of raw materials and biochar obtained, namely: biochar obtained by pyrolysis at 300 °C (biochar-300), biochar obtained by pyrolysis at 500 °C (biochar-500), and biochar obtained by microwave irradiation.

According to the results of determining the chemical composition of raw materials and biochars obtained by pyrolysis and microwave irradiation, the proportion of lignin and ash increases with increasing pyrolysis temperature. The proportion of cellulose in the biopolymer composition of biochar obtained by microwave irradiation also increases.

In order to increase the active surface of biochar, the material after carbonization was subjected to grinding in a ball mill with subsequent classification of particles by size. The particle size analysis data are shown in Table 2.

Table 1

Results of determining the chemical composition of raw materials and biochar samples

Biomass	Hemicelluloses, (%)	Cellulose, (%)	Lignin, (%)	Ash, (%)
Rice husk (raw material)	8.5	27.7	21.4	32.5 (31.6)
Samples obtained by pyrolysis of raw materials				
Biochar -300	6.4	4.6	23.2	47.7 (45.3)
Biochar -500	-	4.8	35.2	51.1 (48.3)
Samples obtained by microwave irradiation of raw materials				
Biochar -MV	3.5	17.7	28.7	41.2 (37.4)

Table 2

Particle size distribution of biochar-500 after grinding

Particle size, mm	>1	1–0.61	0.61–0.45	0.45–0.30	0.30–0.25	0.23–0.17	0.17–0.10	<0.1	Total
Content,%wt.	0.3 ± 0.02	0.1 ± 0.01	0.7 ± 0.05	3.8 ± 0.08	0.1 ± 0.01	6.9 ± 0.1	4.6 ± 0.08	83.5 ± 0.43	100

Table 1 shows that the highest content (83.5 % by weight) in carbonizate after grinding is characterized by a fraction of particles with a size of <0.1 mm.

Prediction of the effect of biochar in various processes where it is used is based on the control of a number of quality indicators, the main place among which is occupied by sorption properties.

It is known that biochars are effective sorbents of environmental pollutants, such as heavy metal ions, oil and oil products, pollutants of microbiological origin, etc.

The table shows the results of determining the sorption of Pb²⁺ ions of raw materials and biochar obtained by various physical methods (Table 3).

Table 3

Sorption of lead ions by biochar and raw materials

Sample	Sorption Pb ²⁺	
	mg/g nose.	% of output.
Rice husks	8.6 ± 0.02	21.5 ± 0.28
Biochar-300	12.8 ± 0.07	34.5 ± 0.41
Biochar-500	13.3 ± 0.12	35.7 ± 0.06
Biochar-MV	10.9 ± 0.05	29.2 ± 0.17

By studying the interaction of lead ions with plant material and its modified forms, we characterized the patterns of their sorption by these enterosorbents. The results obtained (Table 3) indicate that the sorption by modified forms is much higher than by plant material, probably due to differences in chemical composition, surface properties, etc.

Comparison of the data on the sorption of lead ions by modified forms (biochar) allows us to conclude that the method of preparation has a significant effect on the sorption value.

The pyrolysis temperature of the biochar has a favorable effect on the sorption properties of the samples, with an increase in temperature, the sorption properties increase.

The most appropriate approach to studying the adsorption mechanism is to study adsorption isotherms. Important characteristics of adsorption are: a) adsorption rate; b) shape of the isotherm; c) presence of plateaus on many isotherms; d) degree of solvent adsorption; e) type of adsorption – multilayer or monolayer; f) orientation of

adsorbed molecules; g) effect of temperature; h) nature of interaction between adsorbate and adsorbent.

The adsorption isotherms shown in Fig. 3 can be attributed to the L-type. Adsorption processes corresponding to this type of isotherms are characterized by negligible interaction between adsorbed molecules, when the activation energy does not depend on the degree of surface coverage. This type of isotherms is caused by the parallel orientation of the solute molecules. In the initial section, the isotherms of class L are concave with respect to the concentration axis.

The Langmuir equation was used to interpret the isotherms of lead ion sorption by biochar (Mcbain & Bakr, 1926; Mcbain et al., 1933):

$$a = \frac{a_m \cdot K \cdot C}{1 + K \cdot C}$$

where C – the equilibrium concentration of lead acetate in solution, mol/L;

a – the amount of lead acetate in moles sorbed by a unit mass of biochar, mol/g;

a_m – the sorption capacity constant, which characterizes the maximum amount of sorbate that can be monomolecularly sorbed by the sorbent;

K – the affinity constant characterizing the strength of the forces involved in the interaction (affinity constant).

The experimental results were processed using the Langmuir equation in a linear form (Fig. 3). The results of estimating the value of sorption constants are presented in Table 4.

Table 4

Sorption constants of lead ions by biochar

Sorbent	Affinity constant,	Sorption capacity constant,
	K, mol/l	a _m , mol/g
Biochar-300	358 ± 1.44	0.042 ± 0.002
Biochar-MX	374 ± 1.63	0.078 ± 0.004

Comparing the sorption capacity of biochar, based on the values of the sorption capacity constants a_m, it can be concluded that the surface of biochar-MC has a large number of sorption centers capable of interacting with lead ions. Biochar-MC also forms strong bonds with lead ions.

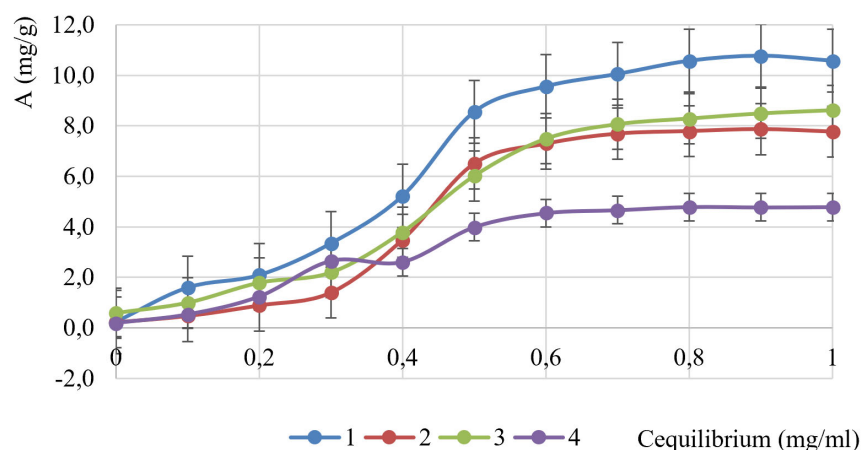


Fig. 3. Adsorption isotherms of lead acetate: 1) raw material; 2) biochar-300; 3) biochar-500; 4) biochar-MV

Table 5

Effect of lead ion concentration on the amount of their sorption by biochar

Sample	Initial acid concentration, mg/ml	Sorption	
		mg/g of drug	% of out
Rice husks	0.25	0.7 ± 0.03	10.7 ± 0.07
	0.50	1.9 ± 0.03	15.3 ± 0.04
	0.70	3.5 ± 0.04	20.1 ± 0.03
	1.00	7.5 ± 0.02	29.8 ± 0.05
	2.00	13.8 ± 0.08	27.6 ± 0.07
Biochar-500	0.25	0.7 ± 0.03	10.8 ± 0.11
	0.50	2.2 ± 0.01	17.4 ± 0.02
	0.70	5.1 ± 0.04	29.3 ± 0.13
	1.00	10.1 ± 0.02	40.5 ± 0.23
	2.00	19.9 ± 0.11	39.8 ± 0.24
Biochar-300	0.25	0.5 ± 0.07	8.2 ± 0.06
	0.50	1.4 ± 0.12	10.9 ± 0.14
	0.70	4.3 ± 0.19	24.8 ± 0.13
	1.00	7.5 ± 0.09	30.1 ± 0.08
	2.00	14.6 ± 0.16	29.1 ± 0.09
Biochar-MV	0.25	0.6 ± 0.08	9.1 ± 0.08
	0.50	2.3 ± 0.02	18.3 ± 0.19
	0.70	5.3 ± 0.06	30.4 ± 0.07
	1.00	10.1 ± 0.04	40.3 ± 0.07
	2.00	16.4 ± 0.10	32.8 ± 0.09

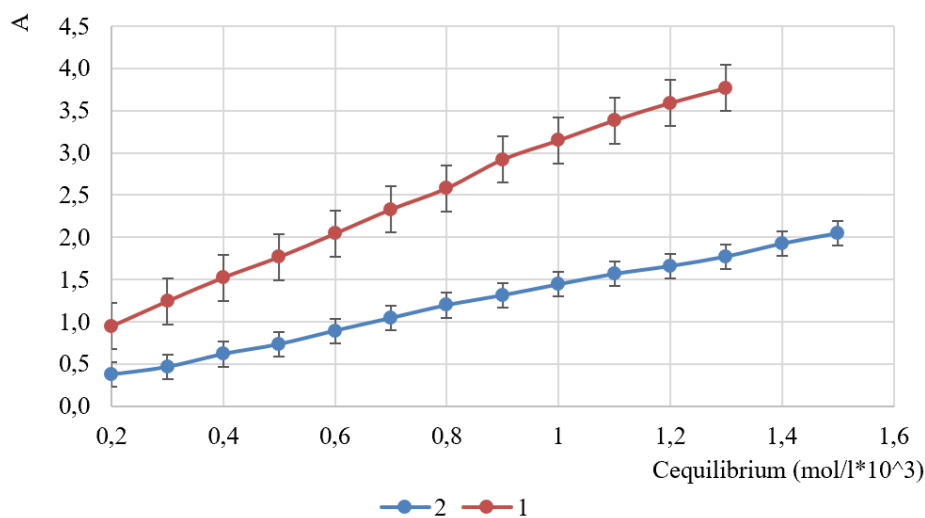


Fig. 4. Dependence of equilibrium concentration of lead acetate on the ratio of equilibrium concentration to sorption value: 1 – Biochar-500; 2 – rice husk

The results of experimental studies on the effect of the concentration of lead ions on the value of their sorption by biochar, presented in Table 5, indicate that the maximum sorption values are observed under the experimental conditions at an initial concentration of lead ions of 1.00 mg/ml.

The analysis of the sorption isotherms of lead ions by biochar samples, the graphical solution of the Langmuir equation (Jeong, 2003), which gives a direct proportional dependence in the coordinates: equilibrium acid concentration – the ratio of the equilibrium concentration to the sorption value (Fig. 4), and the calculation of sorption constants confirm the adequacy of the studied process to the Langmuir theory of monomolecular adsorption.

Kinetics of lead ion sorption by biochar

Fig. 5 shows the characteristic course of the curve of residual concentrations of lead ions, and it can be seen that equilibrium in the system is reached in a few hours. Based on one of the consequences of the general theory of diffusion-controlled processes, there is a linear relationship between the residual concentration c_t and the square root of time $\sqrt{t}$ (Patil et al., 2011). The linearization of the residual concentration curve makes it possible to compare sorption rate constants, defined as the ratio of the amount of sorbed material (P) to the mass of sorbent (m), and the square root of time (Naseem & Tahir, 2001):

$$K = \frac{P}{m\sqrt{t}}$$

Graphically, K is determined by the slope of the residual

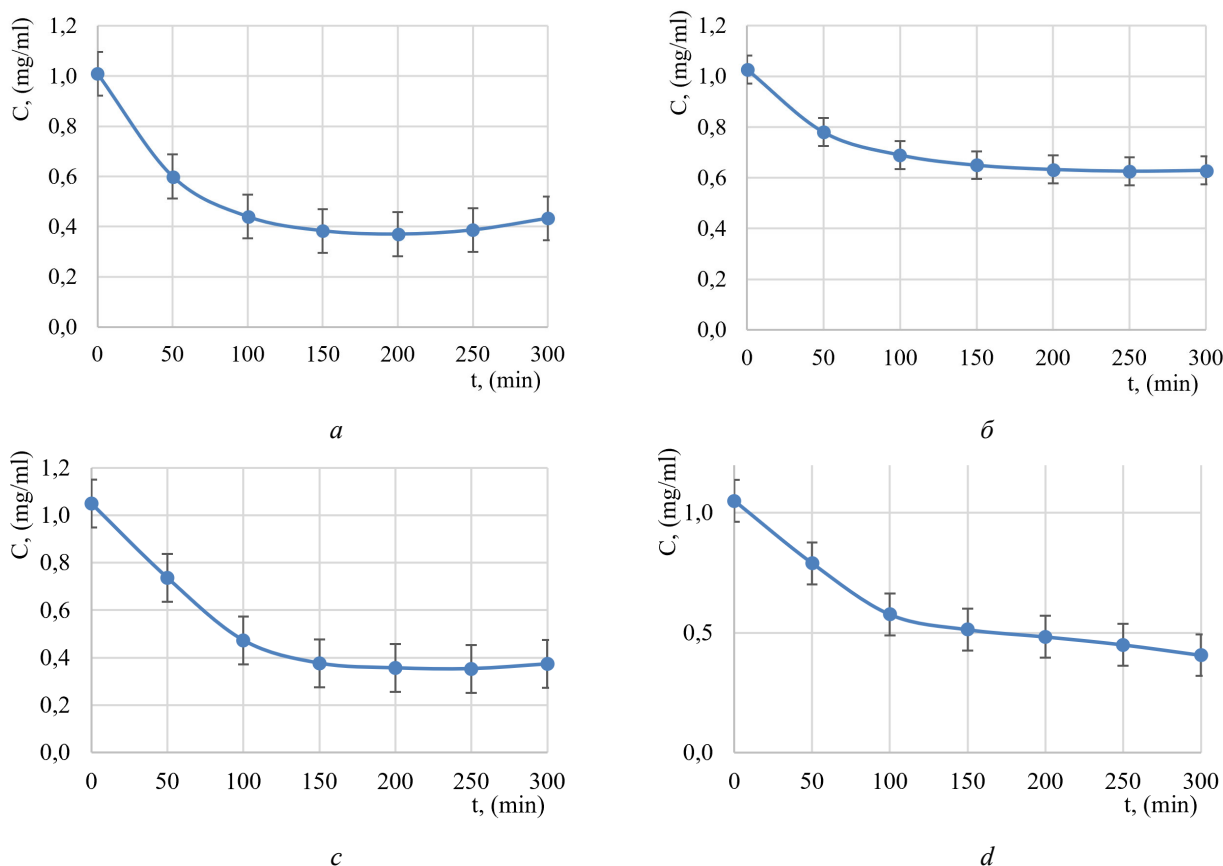


Fig. 5. Dependence of residual lead ion concentrations on incubation time on raw materials and biochar samples: on raw materials (a), on biochar-300 (b), on biochar-500 (c), on biochar-MX (d) in 0.1 % lead ion solution.

The amount of material (Q) sorbed by a unit mass of sorbent ($Q=P/t$) is linearly related to the value of $\sqrt{t}$:

$$Q = K \cdot \sqrt{t}$$

If we differentiate this expression by dt , we get the sorption rate (v):

$$v = \frac{dQ}{dt} = \frac{K}{2\sqrt{t}}$$

The results of determining the rate of sorption of lead ions by raw materials and biochar (Table 6) indicate that the rate of sorption of lead ions increases with increasing pyrolysis temperature. The highest rate of lead ion sorp-

tion is observed for the biochar obtained by using microwave irradiation.

Table 6

Sorption rate of lead ions by raw materials and biochar

Sample	Sorption rate, mg/g min
Rice husks	0.065 ± 0.0038
Biochar-300	0.085 ± 0.0048
Biochar-500	0.098 ± 0.0024
Biochar-MV	0.1025 ± 0.0004

Based on the data presented in Table 7 on the effect of the duration of incubation of biochar in solutions of lead ions on the value of their sorption by biochar, it can be concluded that the maximum sorption values are observed after 2.5...3 hours of incubation. The value of lead ion sorption by Biochar-300 is 40.7 % after 3 hours of their joint incubation. An increase in the interaction time does not lead to a significant increase in the degree of sorption of lead ions by plant material and its modified forms.

Table 7

Influence of incubation time on the amount of lead ion sorption by plant preparations

Sample	Sorption time, min	Sorption	
		mg/g of drug	% of output
Rice husks	30	2.8 ± 0.03	11.4 ± 0.03
	60	4.5 ± 0.04	18.3 ± 0.05
	120	6.3 ± 0.01	25.6 ± 0.02
	180	7.4 ± 0.03	29.9 ± 0.08
	240	7.5 ± 0.02	30.2 ± 0.14
	360	7.5 ± 0.03	30.4 ± 0.04
Biochar-300	30	1.0 ± 0.02	3.8 ± 0.03
	60	5.2 ± 0.05	20.8 ± 0.04
	120	9.3 ± 0.08	37.4 ± 0.02
	180	10.1 ± 0.05	40.7 ± 0.03
	240	10.4 ± 0.17	41.8 ± 0.04
	360	10.7 ± 0.08	43.1 ± 0.40
Biochar-500	30	1.8 ± 0.09	7.4 ± 0.17
	60	4.9 ± 0.05	20.1 ± 0.03
	120	7.4 ± 0.06	29.7 ± 0.05
	180	8.4 ± 0.01	33.8 ± 0.02
	240	8.6 ± 0.08	34.8 ± 0.20
	360	8.7 ± 0.06	35.1 ± 0.03
Biochar-MV	30	2.6 ± 0.03	10.4 ± 0.03
	60	6.4 ± 0.01	25.7 ± 0.04
	120	9.8 ± 0.29	39.5 ± 0.06
	180	10.1 ± 0.10	40.6 ± 0.05
	240	10.4 ± 0.12	41.9 ± 0.21
	260	10.5 ± 0.10	42.2 ± 0.02

The prediction of the effect of biochar in various processes where it is used is based on the control of a number of quality indicators, the main place among which is occupied by sorption properties (Ahmed, 2017).

According to the results of determining the chemical composition of raw materials and biochars obtained by pyrolysis and microwave irradiation, the proportion of lignin and ash increases with increasing pyrolysis temperature (Marsh & Reinoso, 2006). The proportion of cellulose in the biopolymer composition of biochar obtained by microwave irradiation also increases.

The pyrolysis temperature of the biochar has a favorable effect on the sorption properties of the samples, with an increase in temperature, the sorption properties increase (Vasyliuk, 2013).

The obtained adsorption isotherms are of the L-type (Cherno et al., 2010). Adsorption processes corresponding to this type of isotherms are characterized by negligible interaction between adsorbed molecules, when the activation energy does not depend on the degree of surface coverage. This type of isotherms is caused by the parallel orientation of the solute molecules (Sharma et al., 2015).

In the initial section, the class L isotherms are concave with respect to the concentration axis.

The analysis of the sorption isotherms of lead ions by biochar samples, the graphical solution of the Langmuir equation, which gives a direct proportional dependence in the coordinates: equilibrium acid concentration - the ratio of the equilibrium concentration to the sorption value, and the calculation of sorption constants confirm the adequacy of the studied process to the Langmuir theory of monomolecular adsorption (Cha et al., 2016).

The study of the kinetic parameters of the processes of lead ion sorption by biochar preparations based on the curve of residual lead ion concentrations shows that equilibrium in the system is achieved in a few hours. The results of determining the rate of sorption of lead ions by raw materials and biochar indicate that the rate of sorption of lead ions increases with increasing pyrolysis temperature. The highest rate of lead ion sorption is observed for the biochar obtained by using microwave irradiation. The highest rate of lead ion sorption was observed for the biochar obtained by microwave irradiation (Syarif et al., 2015; Yaashikaaa et al., 2019). Based on the data on the effect of the duration of incubation of biochars in solutions of lead ions on the amount of their sorption by biochars, it can be concluded that the maximum sorption values are observed after 2.5...3 hours of incubation. The value of lead ion sorption by Biochar-300 is 40.7 % after 3 hours of their joint incubation. An increase in the interaction time does not lead to a significant increase in the degree of sorption of lead ions by plant material and its modified forms.

Conclusions

The fraction of particles with a size of <0.1 mm is characterized by the highest content (83.5 % by weight) in carbonizate after grinding.

Studies of the interaction of lead ions with plant material and its modified forms show that sorption by modified forms is much higher than by plant material, probably due to differences in chemical composition, surface properties, etc.

Comparison of the data on the sorption of lead ions by modified forms (biochars) allows us to conclude that the method of preparation has a significant effect on the sorption value.

The most appropriate approach to studying the adsorption mechanism is to study the adsorption isotherms.

Comparing the sorption capacity of biochar, based on the values of the sorption capacity constants am, it can be concluded that the surface of biochar-MX has a large number of sorption centers capable of interacting with lead ions. Biochar-MX also forms strong bonds with lead ions.

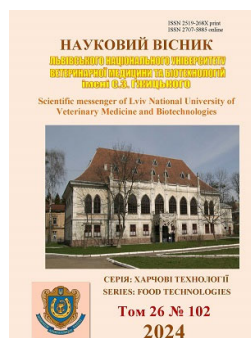
The results of experimental studies on the effect of lead ion concentration on the amount of their sorption by biochar show that the maximum sorption values are observed under the experimental conditions at an initial concentration of lead ions of 1.00 mg/ml.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

References

- Ahmed, M. J. (2017). Adsorption of non-steroidal anti-inflammatory drugs from aqueous solution using activated carbons: Review. *Journal of environmental management*, 190, 274–282. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.12.073.
- Allende, S., Liu, Y., Zafar, M. A., & Jacob, M. V. (2023). Nitrite sensor using activated biochar synthesised by microwave-assisted pyrolysis. *Waste Dispos. Sustain. Energy*, 5, 1–11. DOI: 10.1007/s42768-022-00120-4.
- Cha, J. S., Park, S. H., Jung, S. C., Ryu, C., Jeon, J. K., Shin, M. C., & Park, Y. K. (2016). Production and utilization of biochar: a review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 40, 1–15. DOI: 10.1016/j.jiec.2016.06.002.
- Cherno, N. K., Krusir, G. V., & Kovalenko, O. V. (2010). *Biocorrectors of digestive processes. Monograph. Odesa.*
- Gholizadeh, M., & Hu, X. (2021). Removal of heavy metals from soil with biochar composite: A critical review of the mechanism. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 105830. DOI: 10.1016/j.jece.2021.105830.
- Hanes, C. S. (1929). An application of the method of Hagedorn and Jensen to the determination of larger quantities of reducing sugars. *The Biochemical journal*, 23(1), 99–106. DOI: 10.1042/bj0230099.
- Jeong, J. (2003). Solid-phase speciation of copper in mine wastes. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 24(2), 209–218. DOI: 10.5012/bkcs.2003.24.2.209.
- Kabir, E., Kim, K.-H., & Kwon, E. E. (2023). Biochar as a tool for the improvement of soil and environment. *Sec. Toxicology, Pollution and the Environment*, 11, 1324533. DOI: 10.3389/fenvs.2023.1324533.
- Kholod, Yu., Hudzenko, N., & Shulipa, V. (2022). Vykorystannia biouharu dlia ochyshchennia gruntu vid radionuklidiv. *Zhurnal upravlinnia dovkilliam*, 311, 114337 (in Ukrainian).
- Licon, C. (2022). Proximate and Other Chemical Analyses. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition)*, 521–529. DOI: 10.1016/B978-0-12-818766-1.00344-5.
- Marsh, H., & Reinoso, F. R. (2006). *Activated carbon*. Elsevier Ltd, Kidlington, Oxford. URL: <https://shop.elsevier.com/books/activated-carbon/marsh/978-0-08-044463-5>.
- Mcbain, J. W., & Bakr, A. M. (1926). A new sorption balance. *Journal of the American Chemical Society*, 48(3), 690–695. DOI: 10.1021/ja01414a021.
- Mcbain, J. W., Porter, J. L., & Sessions, R. F. (1933). The nature of the sorption of water by charcoal. *Journal of the American Chemical Society*, 55(6), 2294–2304. DOI: 10.1021/ja01333a014.
- Naseem, R., & Tahir, S. S. (2001). Removal of Pb(II) from aqueous/acidic solutions by using bentonite as an adsorbent. *Water research*, 35(16), 3982–3986. DOI: 10.1016/s0043-1354(01)00130-0.
- Nurmukhammedov, A. K., & Hanzhenko, O. M. (2022). Zastosuvannia biocharu u silskomu hospodarstvi (ohliad literatury). *Bioenerhetyka*, (1-2), 19–21. DOI: 10.47414/be.1-2.2022.271345 (in Ukrainian).
- Pan, W., Ouyang, H., Tan, X., Yan, S., Zhang, R., Deng, R., Gu, L., & He, Q. (2023). Effects of biochar addition towards the treatment of blackwater in anaerobic dynamic membrane bioreactor (AnDMBR): Comparison among room temperature, mesophilic and thermophilic conditions. *Bioresource technology*, 374, 128776. DOI: 10.1016/j.biortech.2023.128776.
- Patil, B. N., Naik, D. B., & Shrivastava, V. S. (2011). Photocatalytic degradation of hazardous Ponceau-S dye from industrial wastewater using nanosized niobium pentoxide with carbon. *Desalination*, 269(1), 276–283. DOI: 10.1016/j.desal.2010.11.014.
- Patra, J., Panda, S., & Dhal, N. (2017). Biochar as a low-cost adsorbent for heavy metal removal: A review. *International Journal of Research in Biosciences*, 6(1), 1–7. URL: <https://www.ijrbs.in/index.php/ijrbs/article/view/232>.
- Sharma, A., Pareek, V., & Zhang, D. (2015). Biomass pyrolysis—a review of modelling, process parameters and catalytic studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1081–1096. DOI: 10.1016/j.rser.2015.04.193.
- Syarif, H. U., Suriamihardja, D. A., Selintung, M., & Wahab, A. W. (2015). The chemical composition and physics rice husks used as an absorber plate. *International Journal of Development Research*, 5(06), 4673–4676. URL: <https://www.journalijdr.com/sites/default/files/issue-pdf/3479.pdf>.
- Vasyliuk, T. P. (2013). Akumuliatsiia ta rozpodil vazhkykh metaliv u fitomasi hidrobiontiv vydu Eich-hornia Crassipes (Mart.) Solms pry bioochyshchenni silskohospodarskykh stichnykh vod. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*, 1(61), 67–73. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1187/1/Vs619.pdf> (in Ukrainian).
- Xu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L., & Li, Y. (2018). Anaerobic digestion of food waste - Challenges and opportunities. *Bioresource technology*, 247, 1047–1058. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.09.020.
- Yaashikaa, P. R., Senthil Kumar, P., Varjani, S. J., & Saravanan, A. (2019). Advances in production and application of biochar from lignocellulosic feedstocks for remediation of environmental pollutants. *Bioresource technology*, 292, 122030. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.122030.
- Yadav, R., & Ramakrishna, W. (2023). Biochar as an Environment-Friendly Alternative for Multiple Applications. *Sustainability*, 15(18), 13421. DOI: 10.3390/su151813421.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10206
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 664:681.14

Enrichment of galets with innovative plant components and their spectroscopic quality assessment

N. M. Stukalska[✉], S. I. Litvynchuk, O. S. Bohdan

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Article info

Received 03.07.2024
Received in revised form
05.08.2024
Accepted 06.08.2024

National University of Food
Technologies, Volodymyrska Str., 68,
Kyiv, 01601, Ukraine.
Tel.: +38-050-200-50-52
E-mail: nata777ivanova@gmail.com

Stukalska, N. M., Litvynchuk, S. I., & Bohdan, O. S. (2024). Enrichment of galets with innovative plant components and their spectroscopic quality assessment. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 39–44. doi: 10.32718/nvlvet-f10206

The constant challenges of modern times require fast and effective methods of improvement and adaptation. This also applies to the field of nutrition, since nutrition is one of the main and most effective methods of reducing the negative impact of the environment on the body. In order to increase the positive impact of food products on the body, actions are often taken to improve them by adding the latest ingredients to the classic recipe, which help to give the products new functional properties and increase their biological value. Based on the analysis of literary sources devoted to ways of improving food products, conclusions were made about the prospects of using citrus pectin and pumpkin powder for improving flour confectionery products. It was established that the use of these additives is promising for providing products with new functional properties and increasing their biological value due to the peculiarities of the chemical composition of innovative ingredients. In particular, the addition of citrus pectin will make it possible to give the products detoxifying properties, which will find a response in modern times, taking into account the constant large-scale pollution of the environment with heavy metals. Adding pumpkin powder will increase the biological value of the finished product due to the high content of various biologically active substances in their composition, in particular vitamins C, E and others. However, these improvements can affect the quality indicators of the finished product, among which the organoleptic indicators of the finished products, the ability to premature aging and the general preservation of quality indicators during storage can be affected. With this in mind, a study of the effect of the added components on the organoleptic indicators of the finished products with different content of the added innovative component, the level of wetting of the finished product, its moisture content, and the results of the analysis of the samples by the infrared spectroscopy method were analyzed. The organoleptic indicators of the products were determined by tasting them. Organoleptic indicators were assessed on a 5-point scale. The mass fraction of moisture of the finished products was determined by the method of drying in a SESH-3M drying cabinet. Wetting was determined by the ratio of the weight of the product before wetting and the weight of the product after wetting. The spectra of the products were obtained by the method of infrared spectroscopy in the near-infrared region of the spectrum in the wavelength range from 1330 to 2370 nm. According to the research results, it was established that the addition of innovative plant components is expedient and fulfills the purpose of this work, while maintaining the given quality of the finished product.

Key words: citrus pectin, pumpkin powder, level of wetting, moisture, infrared spectroscopy.

Збагачення галетів інноваційними рослинними компонентами та їх спектроскопічна оцінка якості

Н. М. Стукальська[✉], С. І. Літвинчук, О. С. Богдан

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

Постійні виклики сучасності вимагають швидких та ефективних методів удосконалення і адаптації. Це стосується і сфери харчування, оскільки харчування – це один з основних і найбільш дієвих методів зменшення негативного впливу навколишнього середовища на організм. Для підвищення позитивного впливу продуктів харчування на організм нерідко проводяться дії з їх удосконалення шляхом внесення до класичної рецептури новітніх інгредієнтів, що допомагають надати виробам нових функціональних властивостей і підвищити їхню біологічну цінність. На основі аналізу літературних джерел, присвячених шляхам удосконалення харчових продуктів, зроблено висновки про перспективність використання цитрусового пектину та гарбузового порошку для удосконалення борошняних кондитерських виробів. Встановлено, що використання даних добавок є перспективним для надання виробам нових функціональних властивостей та підвищення їх біологічної цінності за рахунок особливостей хімічного складу інноваційних інгредієнтів. Зокрема додавання цитрусового пектину дозволить надати виробам детоксикуючих властивостей, які знайдуть відгук в сучасності, зважаючи на постійне масштабне забруднення навколишнього середовища важкими металами. Додавання гарбузового порошку дозволить підвищити біологічну цінність готового виробу за рахунок високого вмісту різноманітних біологічно-активних речовин в їх складі, зокрема вітамінів С, Е та інших. Проте дані удосконалення можуть вплинути на якісні показники готового виробу, серед яких впливу можуть зазнати зокрема органолептичні показники готових виробів, здатність до передчасного старіння та загальне збереження якісних показників під час зберігання. Зважаючи на це, було проведено дослідження впливу компонентів, що додаються, на органолептичні показники готових виробів з різним вмістом доданого інноваційного компоненту, рівень намокання готового виробу, його вологість та проаналізовано результати аналізу зразків методом інфрачервоної спектроскопії. Органолептичні показники виробів визначали шляхом їх дегустації. Оцінку органолептичних показників проводили за 5-ти бальною шкалою. Масову частку вологи готових виробів визначено методом висушування у сушильній шафі СЕШ-3М. Намокання визначали шляхом співвідношення маси виробу до намокання та маси виробу після намокання. Спектри виробів отримували методом інфрачервоної спектроскопії в ближній інфрачервоній області спектра у діапазоні довжин хвиль від 1330 до 2370 нм. За результатами досліджень було встановлено, що додавання інноваційних рослинних компонентів є доцільним і таким, що виконує мету даної роботи, при цьому зберігаючи задану якість готового виробу.

Ключові слова: цитрусовий пектин, порошок гарбуза, якість, рівень намокання, вологість, інфрачервона спектроскопія.

Вступ

Характеристика пектину. Різноманітні події (від зміни клімату, забруднення навколишнього середовища до воєнних дій) призводять до необхідності підлаштовуватись і удосконалюватись задля підтримання стану здоров'я на належному рівні. Дана потреба не оминає і харчові продукти, які є одним з основних шляхів зменшення негативного впливу навколишнього середовища на організм.

Удосконалення харчових продуктів може здійснюватися різними шляхами, одним з таких є додавання інноваційних рослинних компонентів. Внесення новітніх речовин до рецептури виробів може надати останнім нових функціональних властивостей чи підвищити їх поживну цінність. Однак додавання інноваційних компонентів може вплинути на якісні показники готового виробу. Задля порівняння якісних показників контрольного зразка та удосконаленого виробу пропонується провести їх дослідження на рівень намокання, вологості та провести аналіз інфрачервоних спектрів відбивання. Пектин – це природний полімер D-галактуронової кислоти, маса якого становить від 30 000 до 100 000. Він є складовою рослинної сировини, фруктів, овочів і коренеплодів, виступаючи як розчинна харчова клітковина. Основний ланцюг молекули пектину складається з наступних 1→4-зв'язків галактуронової кислоти, тоді як бічні ланцюги утворюють 2-О-заміщені L-рамнопіранози, галактози та інші моносахариди. Існують низькоетерифікований пектин та високоетерифікований пектин зі ступенем етерифікації понад 50 % (Pasarin et al., 2023).

Пектин можна отримати з різних джерел, таких як відходи від виробництва фруктових соків (яблучний, лимонний, апельсиновий, мандариновий), іноді він отримується з відходів виробництва цукру з буряка або соняшникової олії. Загальноприйнятий процес включає екстракцію за допомогою нагрівання розчину фосфорної, сірчаної або інших мінеральних кислот.

Екстракт потім концентрують, фільтрують і осаджують спиртом. Очищення пектину проводиться шляхом використання його здатності утворювати пектинати з металами. Вміст пектину в білій частині шкірки цитрусових становить 25–30 % від сухої ваги, в шкірці яблука – 40 %, а в м'якоті – 10–20 %.

Пектини – це аморфні порошки з молекулярною масою приблизно 80 тисяч, які можуть мати білий колір з відтінками від жовтого до сірого. Вони представляють собою сипкі порошки, майже без запаху.

Пектини входять до складу природних продуктів, які не засвоюються, не всмоктуються і не розщеплюються в кишечнику. Низькомоетоксильований пектин сприяє виведенню з організму важких металів і радіонуклідів завдяки його високій здатності до комплексоутворення. Пектини мають адсорбційні, антацидні, гастропротекторні та гіпохолестеринемічні властивості. Для дорослої людини добова потреба в пектині становить 5–6 грамів (Dotsenko et al., 2014).

Цитрусовий пектин проявляє фізіологічно-активні дії, такі як зволоження кишечника, виведення важких металів, сприяння дефекації та здатність інгібувати ріст ракових клітин. Проте через свою високу молекулярну масу він не засвоюється кишечником після прийому їжі і може активно діяти лише в області кишечника та шлунка, не виконуючи повністю свої функції в організмі. Таким чином, пектин корисний при виведенні шкідливих речовин, але його вплив обмежений травною системою.

Характеристика гарбузового порошку. М'якоть гарбуза включає в себе різноманітні складові, такі як цукри (8–10 %), пектинові речовини (5–6 %), клітковину (11–14%), білкові речовини (до 15 %), жирну олію (0,13 %), органічні кислоти, переважно яблучну (0,1–0,2 %), фітостерини в незначних кількостях, а також вітаміни: вітамін В₁ (0,047 мг%), В₂ (0,065 мг%), аскорбінову кислоту (0,2–8,0 мг%), каротин (1–2 мг%) та нікотинову кислоту (0,5 мг%). Також містить макро- та мікроелементи, такі як К, Са, S, Mg, Р, Mg, Cl, Fe, Co, F, Cu, Zn (Shevchenko et al., 2023).

Гарбуз є одним із найбільш корисних рослин для здоров'я. У ньому містяться різноманітні корисні речовини, такі як солі калію, кальцію, магнію, заліза, цукор, вітаміни С, В₁, В₂, РР, каротин, білок та клітковина. З гарбуза виведено речовину, яка може боротися з туберкульозною паличкою.

Вітамін Е, який міститься в гарбузі, сповільнює процес старіння речовин, допомагає запобігти утворенню зморшок і плям старіння.

Каротин разом із вітаміном Е має протигіпертензивні властивості, що сприяють збереженню молодості клітин та запобігають розвитку раку. Крім того, він підтримує здоров'я слизової оболонки ока, зміцнює імунітет та захищає організм від вірусів і бактерій, що пояснює корисні властивості гарбуза. Велика кількість пектинових речовин у гарбузі сприяє виведенню токсинів та холестерину.

Включення гарбуза до дієтичного харчування варто оцінити як надзвичайно корисне. Рекомендується включати страви з гарбуза в раціон для запобігання гострим і хронічним нефритам і пієлонефритам. Завдяки вмісту калію, гарбуз сприяє виведенню з організму зайвих солей і рідини, при цьому не подразнюючи ниркову тканину (Hussain et al., 2023).

Збагачення харчових продуктів шляхом додавання рослинної сировини нерідко використовується для їх удосконалення й надання нових функціональних властивостей. Не виключенням є й додавання цитрусового пектину та гарбузового порошку.

Однак, подібні удосконалення також можуть призводити і до зміни якісних показників готових виробів. Зважаючи на це, було проведено аналіз впливу додавання різної кількості цитрусового пектину та гарбузового порошку на кінцеву якість борошняних кондитерських виробів "Галети".

Мета дослідження

Мета даної роботи полягає в тому, щоб провести характеристику інноваційних рослинних компонентів, що використовуються для удосконалення борошняного кондитерського виробу "Галети", а також описати вплив додавання даних компонентів на кінцеву якість удосконалених виробів, зокрема на їх органолептичні показники, рівень намокання, вологості та проаналізувати інфрачервоні спектри відбивання сировини та готового продукту.

Матеріал і методи дослідження

Матеріали. Зразки галетів, виготовлених за класичною рецептурою з використанням пшеничного борошна, коров'ячого пастеризованого молока, курячих яєць, пресованих дріжджів, цукру-піску, солі кам'яної, соли кухонної та масла вершкового. Для проведення впливу додавання інноваційного компоненту на якість готового виробу створювались модельні композиції з додаванням 5; 7,5 та 10 % цитрусового пектину від маси борошна, а також з додаванням 2,5; 5; 7,5 та 10 % гарбузового порошку від маси борошна до найкращої модельної композиції з додаванням пектину.

Методи дослідження. З метою встановлення впливу інноваційних компонентів на якісні показники готових виробів проводились органолептична оцінка якості, визначення рівня намокання готових виробів, вологості готових виробів та порівняння якості удосконалених зразків з контролем шляхом аналізу інфрачервоних спектрів відбивання.

Визначення органолептичних показників галетів. Автор роботи та колектив співробітників кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції Національного університету харчових технологій визначали характеристики печива шляхом його дегустації. Оцінка органолептичних властивостей здійснювалась за п'ятибальною шкалою.

Визначення фізико-хімічних та структурних показників галетів. Масову частку води готових виробів визначено методом висушування у сушильній шафі СЕШ-3М до сталої маси.

Намокання печива характеризує коефіцієнт намокання, який визначали шляхом співвідношення маси печива до намокання та маси печива після намокання (Dorokhovych & Kovbasa, 2015; Lyubich et al., 2022).

Ближня інфрачервона спектроскопія. Спектри виробів були проаналізовані за допомогою інфрачервоної спектроскопії в ближній інфрачервоній області спектра, який був вимірюваний у діапазоні довжин хвиль від 1330 до 2370 нм. Для отримання спектрів відбиття від гладкої поверхні подрібнених зразків використовувався спектрометр Infrapid (Labor-M, Угорщина). Процес аналізу складався з двох кроків: спочатку спектрометр реєстрував спектр відбивання від еталонного зразка, а потім – відбивання від досліджуваного зразка. За допомогою комп'ютера, вбудованого у прилад, обраховувався відносний коефіцієнт відбивання готових виробів (тобто відношення інтенсивності відбивання дослідного зразка до інтенсивності відбивання стандартного) у зазначеному інтервалі довжин хвиль з кроком в 10 нм. (Shevchenko & Litvynchuk, 2022; Galenko et al., 2024).

Результати та обговорення

Органолептична оцінка. На першому етапі дослідження було проведено аналіз впливу інноваційних інгредієнтів на характеристики якості готової продукції. Для цього спочатку використовувалися три проби з різним відсотковим вмістом цитрусового пектину по відношенню до маси борошна.

Після приготування продукту була проведена органолептична оцінка якості дослідних зразків та їх порівняння з контрольною пробою і складання профілограми якості (рис. 1).

При помірному внесенні, органолептичні характеристики залишаються практично незмінними, чого не можна сказати про додавання великої кількості пектину. Щодо реологічних властивостей, пектин надає вплив на пружно-пластичні властивості тіста. Залежно від дозування підвищується пластичність та знижується пружність тіста.

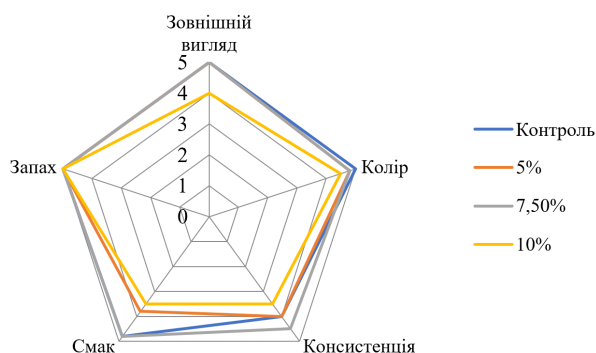


Рис. 1. Профілограма якості модельних зразків

Результати органолептичної оцінки показують, що дослідний зразок із вмістом пектину на рівні 7,5 % від маси борошна виявився найкращим серед інших дослідних зразків. Він має аналогічні показники з контрольним зразком щодо зовнішнього вигляду та запаху, а консистенція навіть перевищує показники контролю.

Наступним кроком у дослідженнях є аналіз впливу гарбузового порошку на якісні характеристики зразків готової продукції. Для цього використовувалися чотири проби з різним вмістом порошку від маси борошна. У базовій рецептурі також вказується використання цитрусового пектину в кількості, яка була визначена як оптимальна в попередніх дослідженнях (7,5 %).

Після створення пробних зразків була проведена органолептична оцінка їх якості, порівняння з контрольним зразком та складання профілограм якості (рис. 2).

Помірне внесення гарбузового порошку (2,5 %) дозволило поліпшити органолептичні показники виробу, однак, якщо додавання перевищує 5 %, відбувається зниження органолептичних показників виробу. Щодо реологічних характеристик, то експериментальні дослідження показали, що значне внесення гарбузового порошку (7,5 % і більше) негативно впливає на пружно-пластичні властивості тіста: втрачається еластичність, а це призводить до розділення тіста при розкатуванні.

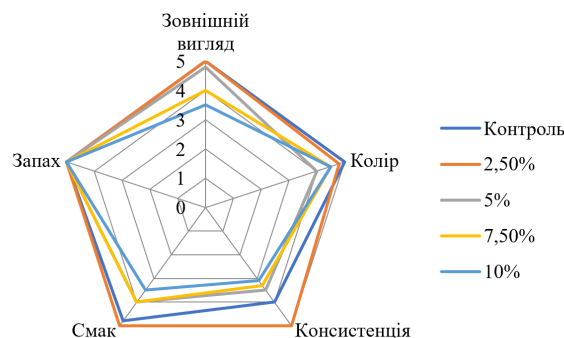


Рис. 2. Профілограма якості модельних зразків

Результати органолептичної оцінки свідчать, що дослідний зразок, який містить 7,5 % пектину та 2,5 % порошку гарбузу, відзначається найкращими показниками серед інших проб. Він демонструє рівні показники якості в порівнянні з контрольним зразком за зовнішнім виглядом і запахом, а його консистенція та смак перевищують контрольні показники.

Виходячи з результатів органолептичної оцінки, було прийнято рішення про проведення додаткових досліджень удосконалених виробів. Зокрема планується провести дослідження на рівень намокання, показники вологості та провести аналіз рівня відбивання інфрачервоних спектрів у контрольному та удосконалених зразках задля визначення впливу інноваційних компонентів, що додаються, на якісні показники готового виробу, які можуть впливати як на споживчі властивості виробу, так і на термін їхнього зберігання.

Рівень намокання та вологість. Одним із важливим показників якості готових борошняних кондитерських виробів є рівень здатності до намокання готового виробу. Даний показник може характеризувати рівень вологи, який виріб може ввібрати в себе, що може вплинути як на органолептичні показники, так і на термін придатності. За результатами дослідження можна сказати, що при додаванні цитрусового пектину та гарбузового порошку рівень здатності до намокання зменшується в порівнянні з контрольним зразком (рис. 3).



Рис. 3. Залежність показника намокання при збільшенні концентрації цитрусового пектину та гарбузового порошку

Пояснюється це тим, що в гарбузовій целюлозі вищий вміст клітковини, ніж у пшеничному борошні (Jurgita et al., 2014; Aktaş & Gerçekaslan, 2024). Під-

вищення вологов'язуючої здатності гарбузової целюлози пояснюється вивільненням бічних полярних груп білка та ділянок волокон, які виявляють гідрофільні

властивості та здатність розчинення (Qiao et al., 2019; Ghendov-Mosanu et al., 2023).

Так само, як і з показником намокання, збільшений вміст клітковини в гарбузовому порошку, порівняно з пшеничним борошном, також пояснює підви-

щення вологості готового продукту при додаванні гарбузового порошку, як показано на рис. 4. За результатами дослідження впливає закономірність, відповідно до якої вологість готового продукту збільшується пропорційно збільшеному вмісту добавок.

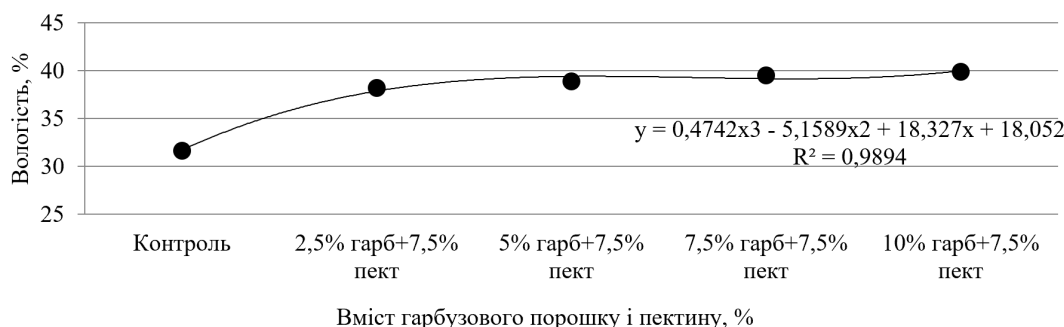


Рис. 4. Залежність показника вологості при збільшенні концентрації цитрусового пектину та гарбузового порошку

Інфрачервоні спектри відбивання удосконалених зразків та контролю. Після проведення досліджень рівня вологості та намокання нами було проаналізовано досліджувані зразки в ближньому інфрачервоному діапазоні за допомогою спектрів відбивання. Для аналізу було взято зразок із вмістом пектину 7,5 % та гарбузового порошку 2,5 % від маси борошна, а також контрольний зразок. Після отриманих експериментальних даних було встановлено, що спектри контрольного зразка галетів та зразків із заміною пшеничного борошна на визначену кількість цитрусо-

вого пектину та гарбузового порошку мають подібний характер. Проте, інтенсивність відбивання була різною (див. рис. 5).

Таким чином, дослідження на довжині хвилі 1930 нм, що відповідає за вологість, показало, що відносний коефіцієнт відбивання контрольного зразка становив 0,2655, тоді як удосконалений зразок має значення 0,1807. Ця різниця у відбиванні на довжині хвилі 1930 нм пояснюється більшою вологизв'язуючою здатністю гарбузової целюлози (Shevchenko et al., 2023).

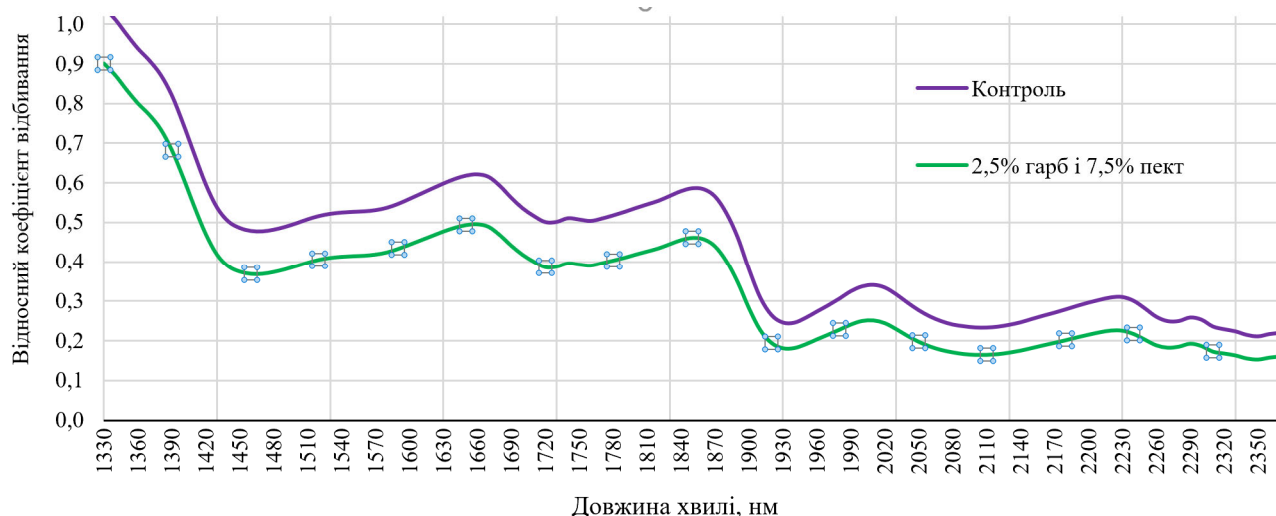


Рис. 5. Спектри відбивання удосконалених зразків галетів та контролю

Висновки

Встановлено, що внесення інноваційних рослинних складових до рецептурного складу борошняних кондитерських виробів “Галети” сприяє наданню їм властивостей детоксикації через здатність пектину зв’язувати іони важких металів. Додавання гарбузового порошку забезпечує поживну цінність готових продуктів, що підтверджує доцільність використання цієї добавки.

Результати досліджень показали, що включення інноваційних компонентів має незначний вплив на

якісні показники готового виробу. Водночас, здатність до намокання знижується в порівнянні з контрольним зразком, що дозволяє продовжити термін зберігання продукту та уникнути його передчасному черствінню.

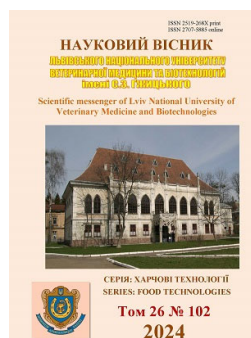
Підсумовуючи, можна стверджувати, що включення цитрусового пектину та гарбузового порошку до рецептурного складу галет є обґрунтованим і таким, що забезпечує досягнення поставленої мети дослідження, при цьому зберігаючи якість готового продукту на високому рівні, що підтверджується результатами ближньої інфрачервоної спектроскопії.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Aktaş, N., & Gerçekaslan, K. E. (2024) Pumpkin Pulp Flour as a Source of Dietary Fiber: Chemical, Physicochemical and Technological Properties. *Akademik Gıda*, 22(1), 14–22. DOI: 10.24323/akademik-gida.1460957.
- Dorokhovych, A. M., & Kovbasa, V. M. (2015) Tekhnolohiya ta laboratornyy praktykum kondyters'kykh vyrobiv i kharchovykh kontsentrativ: navch.posib. Firma “INKOS” (in Ukrainian).
- Dotsenko, V. F., Arsenyeva, L. Yu., & Bondar, N. P. (2014). Food and dietary supplements, spices and seasonings in the products of the restaurant industry. *NUFT* (in Ukrainian).
- Galenko, O., Shevchenko, A., Ceccanti, C., Mignani, C., & Litvynchuk, S. (2024) European Food Research and Technology. *European Food Research and Technology*, 250, 1177–1188. DOI: 10.1007/s00217-023-04454-z.
- Ghendov-Mosanu, A., Netreba, N., Balan, G., Cojocari, D., Boestean, O., Bulgaru, V., Gurev, A., Popescu, L., Deseatnicova, O., Resitca, V., Socaciu, C., Pintea, A., Sanikidze, T., & Sturza, R. (2023). Effect of Bioactive Compounds from Pumpkin Powder on the Quality and Textural Properties of Shortbread Cookies. *Foods* (Basel, Switzerland), 12(21), 3907. DOI: 10.3390/foods12213907.
- Hussain, A., Kausar, T., Murtaza, M., Jamil, M., Iqbal, M., Majeed, M., et al. (2023) Production, characterization, food application and biological study of powder of pumpkin (*Cucurbita maxima*) parts (peel, flesh and seeds). *Pure and Applied Biology*, 12(1), 48–60. DOI: 10.19045/bspab.2023.120006.
- Jurgita, K., Jariene, E., Danilcenko, H., Černiauskienė, J., Wawrzyniak, A., Hamulka, J., et al. (2014). Chemical composition of pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) flesh flours used for food. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 12(3), 61–64.
- Lyubich, V., Novikov, V., Zheliezna, V., & Burlya, O. (2022). Development of the culinary quality of short-cakes with the addition of pumpkin flour. *Herald of Lviv University of Trade and Economics Technical sciences*, 31, 101–106. DOI: 10.36477/2522-1221-2022-31-13 (in Ukrainian).
- Muhammad, N. W. F., Nurrulhidayah, A. F., Hamzah M. S., Othman, R., & Rohman, A. (2020) Physicochemical properties of dragon fruit peel pectin and citrus peel pectin: a comparison. *Food Research*, 4(1), 266–273. DOI: 10.26656/fr.2017.4(S1).S14.
- Pasarin, D., Ghizdareanu, A.-I., Teodorescu, F., Rovinaru, C., & Banu, A. (2023) Characterization of Pectin Oligosaccharides Obtained from Citrus Peel Pectin. *Fermentation*, 9(3), 312. DOI: 10.3390/fermentation9030312.
- Qiao, B., Jiménez-Ángeles, F., Nguyen, T. D., & Olvera de la Cruz, M. (2019). Water follows polar and nonpolar protein surface domains. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(39), 19274–19281. DOI: 10.1073/pnas.1910225116.
- Shevchenko, A., & Litvynchuk, S. (2022). Influence of rice flour on conformational changes in the dough during production of wheat bread, *Ukrainian Journal of Food Science*, 10(1), 5–15. DOI: 10.24263/2310-1008-2022-10-1-3 (in Ukrainian).
- Shevchenko, A., Litvynchuk, S., & Drobot, V. (2023) Changes in structural units in dough and bread from wheat flour with the addition of pumpkin cellulose in combination with phospholipids. *EUREKA: Life Sciences*, 3, 34–43. DOI: 10.21303/2504-5695.2023.002954 (in Ukrainian).
- Shevchenko, A., Litvynchuk, S., Drobot, V., & Shevchenko, O. (2023). Influence of pumpkin cellulose addition on conformational transformations in the structure of wheat flour dough and bread. *Ukrainian Food Journal*, 12(1), 38–50. DOI: 10.24263/2304-974x-2023-12-1-5 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10207
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 338.435:636.5:637.523

Technological features of production and quality characteristics of restructured poultry ham with lentil isolate

I. Simonova[✉], U. Drachuk, B. Halukh, I. Basarab, O. Moroz, H. Koval, Y.-I. Hordynska

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 03.07.2024
Received in revised form
05.08.2024
Accepted 06.08.2024

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-096-484-69-91
E-mail: ira.markovuch@gmail.com

Simonova, I., Drachuk, U., Halukh, B., Basarab, I., Moroz, O., Koval, H., & Hordynska, Y.-I. (2024). Technological features of production and quality characteristics of restructured poultry ham with lentil isolate. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 45–53. doi: 10.32718/nvlvet-f10207

The article presents the results of research on the technological aspects of producing restructured hams from poultry meat, specifically samples “Chicken Ham” No. 1 and “Turkey Ham” No. 2. The primary objective was to determine the impact of raw material composition and technological parameters on the physicochemical, functional-technological, and organoleptic properties of the final products. The recipe included lentil isolate, starch, mechanically deboned meat (MDM) from chicken and turkey, as well as auxiliary ingredients: salt, coloring agent, sodium tripolyphosphate, sodium nitrite, pepper, and nutmeg. The study found that active acidity (pH) significantly affects the water-binding capacity of the meat mixtures. Sample No. 1 had a 1.6 % higher pH level compared to sample No. 2 and the control, which resulted in lower water- and fat-binding capacities. Meanwhile, sample No. 2 demonstrated the best yield (93.9 %) and the lowest mass loss (6.1 %), indicating the effectiveness of using turkey meat in the formulation. The research also showed an increase in the protein content by 32.44 % (No. 1) and 36.48 % (No. 2) compared to the control. Organoleptic evaluation confirmed the high taste quality of the products, making them suitable for market implementation. Microbiological studies confirmed that the products meet the requirements of regulatory documentation. The results of functional-technological indicators confirmed that sample No. 1 had a higher fat-binding capacity, while sample No. 2 exhibited better moisture retention and product yield. The yield and loss calculations for the restructured hams revealed that sample No. 2 had the highest yield (93.9 %) and the lowest losses (6.1 %), while sample No. 1 showed slightly lower values (90.04 % yield and 9.96 % losses). The study also demonstrated that lentil isolate used in the formulation positively influenced the product yield and its moisture retention ability. Sample No. 1, which contained more starch and lentil isolate, showed a higher moisture retention level but was inferior to sample No. 2 in fat-binding capacity. This suggests that recipe modifications, such as the use of different meat types and auxiliary components, have a decisive impact on the functional-technological characteristics of the hams. Additionally, significant attention was given to the microbiological safety of the test samples, as the production process for hams involves thermal processing. The results of microbiological analysis confirmed that all samples met established regulatory requirements, indicating the safety of production and the feasibility of applying this technology in industrial settings.

Key words: restructured hams, poultry meat, lentil isolate, water-binding capacity, fat-binding capacity, physicochemical indicators, organoleptic properties, production technology, yield, losses.

Технологічні особливості виробництва та якісні характеристики реструктурованих шинок з м'яса птиці з використанням ізоляту сочевиці

I. I. Сімонова[✉], У. Р. Драчук, Б. І. Галух, І. М. Басараб, О. О. Мороз, Г. М. Коваль, Ю.-І. Б. Гординська

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

У статті наведено результати дослідження технологічних особливостей виробництва реструктурованих шинок з м'яса птиці, зокрема зразків "Шинка з м'яса курки" № 1 та "Шинка з м'яса індики" № 2. Основною метою було визначення впливу сировинного складу та технологічних параметрів на фізико-хімічні, функціонально-технологічні та органолептичні властивості готових виробів. До складу рецептури включено ізолят сочевиці, крохмаль, ММО (м'ясо механічної обвалки) курки та індики, а також допоміжні компоненти: сіль, барвник, триполіфосфат натрію, нітрит натрію, перець і мускатний горіх. В ході дослідження встановлено, що активна кислотність (pH) суттєво впливає на вологозв'язуючу здатність фаршів. Було зафіксовано, що зразок № 1 мав на 1,6 % вищий рівень pH порівняно зі зразком № 2 та контрольним зразком, що вплинуло на нижчу волого- та жирозв'язуючу здатність. Водночас, зразок № 2 продемонстрував найкращі показники виходу (93,9 %) і найменші втрати маси (6,1 %), що свідчить про ефективність використання м'яса індики у рецептурі. Дослідження показали зростання масової частки білка у зразках на 32,44 % (№ 1) та 36,48 % (№ 2), порівняно з контрольним зразком. Органолептична оцінка підтвердила високі смакові якості продукції, що дає можливість її успішного впровадження на ринок. Мікробіологічні дослідження засвідчили відповідність продукції вимогам нормативної документації. Результати досліджень функціонально-технологічних показників підтвердили, що зразок № 1 мав вищу жирозв'язуючу здатність, тимчасом як зразок № 2 показав кращі показники утримання вологи та виходу готових виробів. Результати розрахунку виходу та втрат реструктурованих шинок показали, що зразок № 2 мав найбільший вихід (93,9 %) і найменші втрати (6,1 %), тимчасом як зразок № 1 демонстрував трохи нижчі значення (90,04 % виходу та 9,96 % втрат). Дослідження також показали, що ізолят сочевиці, використаний у рецептурі, має позитивний вплив на вихід готових виробів та їхню здатність утримувати вологу. Зразок № 1, який містив більшу кількість крохмалю та ізоляту сочевиці, демонстрував вищий рівень утримання вологи, проте поступався зразку № 2 за жирозв'язуючою здатністю. Це може свідчити про те, що рецептурні зміни, пов'язані з використанням різних типів м'яса та допоміжних компонентів, мають вирішальний вплив на функціонально-технологічні характеристики шинок. Крім того, значна увага приділялася мікробіологічній безпеці дослідних зразків, оскільки процес виробництва шинок включає термічну обробку. Отримані результати мікробіологічного аналізу підтвердили, що всі зразки відповідали встановленим нормативним вимогам, що свідчить про безпечність виробництва та можливість застосування даної технології у промислових умовах.

Ключові слова: реструктуровані шинки, м'ясо птиці, ізолят сочевиці, вологозв'язуюча здатність, жирозв'язуюча здатність, фізико-хімічні показники, органолептичні властивості, технологія виробництва, вихід, втрати.

Вступ

В останні роки реструктуровані м'ясні вироби, особливо з м'яса птиці, привертають все більшу увагу споживачів завдяки своїм дієтичним властивостям, зниженому вмісту жиру та доступності. Оскільки сучасний ринок ставить акцент на виробництво продукції з дієтичного м'яса, виробники шукають способи оптимізувати рецептури та технології виготовлення таких виробів. Основним аспектом при цьому є дослідження фізико-хімічних показників м'ясних продуктів, які включають в себе визначення вмісту білка, жиру, вуглеводів і вологи. Ці показники впливають на харчову цінність готового продукту, його консистенцію, смакові властивості, а також тривалість зберігання.

Використання таких інгредієнтів, як ізолят сочевиці та механічно обвалене м'ясо (ММО), підкреслює важливість підібраної рецептури для досягнення оптимальних показників енергетичної цінності та споживчих властивостей.

Переробка різних видів сировини, яка містить м'ясний або рослинний білок, для створення нового продукту з високою поживною цінністю, називається реструктурованим м'ясом (Polášek et al., 2021). Розробка рецептур м'ясних продуктів з реструктурованого м'яса зазвичай передбачає використання різних добавок і зв'язуючих компонентів (Carpentieri et al., 2022). Перспективи використання реструктурованого м'яса пов'язані з можливістю у м'ясній промисловості використовувати менш цінного за хімічним складом м'яса або субпродуктів, які часто не використовуються через низький попит. У 2012 році Марк Пост заклав основу для значних змін у виробництві м'яса, представивши концепцію альтернативного виробництва м'яса (Post 2012). Одним із таких альтернативних методів є реструктурування м'яса, що передбачає виготовлення продуктів шляхом подрібнення мало-

цінних частин м'яса за допомогою різних способів їх переробки.

Застосування різних видів сировинних ресурсів дає можливість повного їх використання і створення нового реструктурованого продукту з поліпшеними властивостями (Freire et al., 2016).

Способи обробки реструктурованого м'яса складаються з кількох етапів. Основний принцип полягає в створенні суміші різних видів м'яса з додаванням рослинних білків, що можуть бути джерелами збагачення для них. Ця комбінація формує основу для досягнення бажаного смаку, консистенції та поживної цінності готового продукту (Patel et al., 2023). Після ретельного відбору м'яса та/або рослинної сировини важливим етапом є процес подрібнення. Механічне подрібнення робить суміш однорідною і сприяє формуванню чіткої структури виробів з реструктурованого м'яса (Farouk, 2010).

Використання дієтичного м'яса у виробництві нових видів продуктів не втрачає своєї актуальності. Як відомо найбільшу масову частку білка встановлено у м'ясі індики (13,7 %), у м'ясі курки – 12,1 %. М'ясо механічного обвалювання (ММО) птиці є менш цінним за хімічним складом. Воно містить багато гемових пігментів, сполучної тканини, кісткового мозку та жиру, має темний колір, небажані текстурні властивості та схильність до окислення і псування (Ionescu et al., 2003; Lal, 2017; Zhu et al., 2024).

Для поліпшення функціональних властивостей продуктів, до складу яких входить ММО птиці, широко використовують ізоляти бобових білків. Емульгуючі властивості, піноутворення, гелеутворення та біоактивність є найважливішими функціональними якостями білків бобових (Shevkani et al., 2019). Білок зерна бобових багатий незамінними амінокислотами, особливо їх більше у сочевиці, ніж у сої. Характерною особливістю білка сочевиці є також добра збалансованість за хімічним складом. Зокрема у роботі Маркович І. І. (Markovych, 2015), встановлено, що

при додаванні ізоляту сочевиці до маси фаршу м'ясних продуктів відбувається його взаємодія з водою, гідратація, набухання й пептизація високомолекулярних органічних сполук. Поглинаючи осмотично зв'язану воду, білкова молекула ізоляту сочевиці значно збільшується в об'ємі. Під час складання фаршу в результаті механічної дії набряклі частинки білків злипаються між собою і утворюють структуру, яка надає фаршу пластичності, тобто сприяє поліпшенню функціонально-технологічних властивостей готових виробів.

Оскільки реструктуроване м'ясо часто є сумішшю різних видів м'яса і може містити рослинні компоненти, його колір, структура та смак можуть варіюватися. Для поліпшення якості реструктурованого м'яса потрібно використовувати безпечні харчові добавки.

Асортимент реструктурованих м'ясних продуктів в Україні представлений досить вузьким асортиментом, тому розробка реструктурованих шинок з м'яса птиці є актуальною.

Розробка нових видів м'ясних виробів, зокрема реструктурованих шинок з м'яса птиці, являє собою перспективний напрямок у м'ясопереробній промисловості. Використання різних видів м'яса, таких як курятина та індичатина, разом із допоміжною сировиною, забезпечує поліпшення функціонально-технологічних, фізико-хімічних та органолептичних властивостей готового продукту. Технологія виробництва реструктурованих шинок вимагає точності на всіх етапах – від підготовки сировини до пакування готового продукту. Використання якісних сировинних ресурсів і дотримання технологічних процесів дозволяє отримувати продукцію високої якості, яка відповідає вимогам споживачів.

Мета дослідження

Метою роботи є розроблення технології реструктурованих шинок з використанням м'яса птиці, дослідження функціонально-технологічних, фізико-хімічних і органолептичних показників готового продукту.

Об'єкт досліджень: фарші з м'яса птиці і ММО курятини і індичатини, реструктуровані шинки з м'яса птиці.

Завдання роботи:

1. Розробити рецептури та технологію реструктурованих шинок з м'яса птиці.
2. Встановити рН фаршів реструктурованих шинок з м'яса птиці.
3. Дослідити функціонально-технологічні показники реструктурованих шинок з м'яса птиці.
4. Дослідити фізико-хімічні показники реструктурованих шинок з м'яса птиці.
5. Встановити вихід і втрати при термічній обробці реструктурованих шинок з м'яса птиці.
6. Дослідити органолептичні показники реструктурованих шинок з м'яса птиці.
7. Дослідити реструктуровані шинки з м'яса птиці за мікробіологічними показниками.

Матеріал і методи досліджень

Розроблення рецептури та технології шинок відбувалось у виробничих умовах підприємства “Старицький м'ясокомбінат”, м. Новояворівськ, оскільки підприємство не має серед свого асортименту реструктурованих шинок з м'яса птиці. Сировинна база, що використана у рецептурах, належить підприємству.

Рецептури реструктурованих шинок з м'ясом птиці вказано в таблиці 1.

Таблиця 1

Рецептури реструктурованих шинок з м'ясом птиці

Назва сировини	Назва зразка		
	Контроль	Зразок № 1 “Шинка з м'яса курки”	Зразок № 2 “Шинка з м'яса індика”
Основна сировина, кг на 100 кг			
М'ясо курки	45	46	
М'ясо індика	45	-	47
Сало	10	10	10
ММО курки	-	-	20
ММО індика	-	20	-
Ізолят з сочевиці	-	10	10
Яєчний порошок	-	10	10
Крохмаль	-	4	3
Допоміжна сировина, г на 100 кг			
Сіль	2500	2500	2500
Барвник Пано (E124)	20	20	20
Триполіфосфат натрію (E451)	30	30	30
Нітрит натрію	0,007	0,007	0,007
Перець чорний мелений	50	50	50
Мускатний горіх	50	50	50

У табл. 1 наведено дві рецептури реструктурованих шинок, які відрізняються складом основної та допоміжної сировини. До складу контрольного зразка входить 45 кг м'яса курки та 10 кг сала, а також сіль

(2500 г), барвник Пано (E124) (20 г), триполіфосфат натрію (E451) (30 г), нітрит натрію (0,007 г), чорний мелений перець (50 г) та мускатний горіх (50 г). До рецептурного складу зразка № 1 “Шинка з м'яса кур-

ки” входить 46 кг м’яса курки, 20 кг ММО індика, 10 кг яєчного порошку, 10 кг сала, 10 кг ізоляту з сочевиці та 4 кг крохмалю, з такою ж допоміжною сировиною, як у контролі. Зразок № 2 “Шинка з м’яса індика” містить 47 кг м’яса індика, 20 кг ММО курки, 10 кг яєчного порошку, 10 кг сала, 10 кг ізоляту з сочевиці та 3 кг крохмалю, та вказану вище допоміжну сировину.

Технологія виробництва реструктурованих шинок включає кілька етапів, які забезпечують отримання якісного продукту з урахуванням вимог нормативних документів.

На етапі підготовки сировини вибрано свіже м’ясо курки та індика, шпик боковий, ММО курки та індика, ізолят з сочевиці, яєчний порошок, крохмаль та прянощі. М’ясо птиці подрібнено на вовчку з діаметром отворів решітки 16–20 мм, отримано крупнозернистий фарш. Сало також подрібнюється до необхідного розміру (2–4 мм). Здійснюють підготовку м’яса механічного обвалювання.

Засолене подрібнене м’ясо та інші компоненти рецептури змішують у фаршемішалці. Додають ізолят з сочевиці, гідратований водою у співвідношенні 1:1, з метою поліпшення структурно-механічних властивостей шинок та крохмалю. Змішування проводиться до отримання однорідної маси. Харчові добавки, крохмаль також розчиняють у воді, додають до фаршу і наприкінці вносять прянощі.

Готову фаршеву масу перенесено у форми і сформовано шинки довжиною 20 см, масою 450 г. Для уникнення потрапляння повітря у фарш застосовується вакуумне ущільнення.

Шинки піддавали тепловій обробці шляхом запікання. Температура та час обробки становлять 110 ± 2 °C упродовж 30 хв.

Охолоджені готові шинки упаковано у вакуумні пакети для збереження їх органолептичних показників. Шинки зберігають при температурі 0–4 °C впродовж 14 днів.

Дослідження проводились у лабораторних умовах кафедри технології м’яса, м’ясних та олійно-жирових виробів, ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького та Львівській регіональній державній лабораторії Держпродспожислужби України, м. Львів.

Для вимірювання рН 5 г дослідних зразків подрібнювали за допомогою м’ясорубки Zelmer (Німеччина). Отриманий гомогенізований фарш змішували з 50 мл дистильованої води і залишали на 3 хвилини. Вимірювання рН здійснювали за допомогою рН-метра, попередньо відкаліброваного буферними розчинами з рН 4 та рН 7.

Для визначення вологостійкості здатності на торційних вагах на поліетиленовій плівці зважено три наважки фаршу 300 мг і перенесено на фільтр так, щоб наважка опинилася під поліетиленовою плівкою.

Наважку помістили між двома скляними пластинами і пресували вантажем масою 1 кг впродовж 10 хв. Після цього фільтр з наважкою звільнили від пресу і простим олівцем окреслили контури фаршу та вологостійкості плями. За допомогою планіметра або міліметрового паперу визначили, в см², площу плями, утво-

реної фаршем і площу відділеної вологи, що перейшла у фільтрувальний папір.

Розмір вологостійкості плями вираховують як різницю загальної площі плями та площі фаршу. Емпірично встановлено, що 1 см² площі вологостійкості плями відповідає 8,4 мг вологи. Вміст зв’язаної вологи, у % до фаршу, знаходили за формулою 1:

$$B33_m = \frac{(a - 8,4 \cdot b)}{m} \cdot 100\% \quad (1),$$

де а – загальний вміст вологи в наважці, мг;

б – площа вологостійкості плями, см²;

т – маса наважки для пресування, мг.

Вміст зв’язаної вологи, у % до загальної вологи, визначали за формулою 2:

$$B33a = \frac{(a - 8,4 \cdot b)}{a} \cdot 100\% \quad (2),$$

Для розрахунку виходу і втрат під час термічної обробки варених ковбас потрібно знати масу сировини до обробки та масу готового продукту після обробки.

Вихід (в %) розраховували за формулою 3:

$$X = \frac{m_{ГП}}{m_C} \cdot 100\%, \quad (3),$$

де Х – вихід продукту, %;

тГП – маса готового продукту, г;

тС – маса сировини, г.

Втрати під час термічної обробки (в %) розраховували за формулою 4:

$$X = \frac{m_C - m_{ГП}}{m_C} \cdot 100\%, \quad (4),$$

де Х – втрати під час термічної обробки, %;

тГП – маса готового продукту, г;

тС – маса сировини, г.

В основі методу визначення ЖУЗ – здатність дослідного продукту утримувати кількість жиру у відношенні до власної маси. Наважку масою 1 г подрібнювали та ретельно перемішували, поміщали у зважену пробірку центрифуги, центрифугували впродовж 15 хв зі швидкістю 4000 об/хв. Через 10 хв відстоювання пробірки зі зразками зважували. Розрахунок ЖУЗ (Х, %) проводиться за формулою 5:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \cdot 100\%, \quad (5),$$

де т₀ – маса наважки, г;

т₁ – маса тари з жиром, г;

т₂ – маса тари без жиру, г.

Масову частку вологи встановлювали згідно з ДСТУ ISO 1442:2005. “М’ясо та продукти м’ясні. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод)”; масову частку білка – фотометричним методом згідно з ГОСТ 25011 – 81, масову частку жиру – згідно з ДСТУ ISO 1443:2005 (ISO 1443:1973, IDT): “М’ясо та продукти м’ясні. Метод визначення загального вмісту жиру”, масову частку хлористого натрію – згідно з ДСТУ ISO 1841 2:2004 “М’ясо та продукти м’ясні. Метод визначення вмісту хлоридів. Частина 2. Потенціометричний метод”, органолептичну оцінку якості здійснювали за ДСТУ 4823.2:2007 “Продукти м’ясні. Органолептичне оцінювання показників якості. Частина 2. Загальні вимоги” за 5-бальною шкалою.

Мікробіологічні показники, такі як кількість мезофільних аеробних і факультативно – анаеробних мік-

роорганізмів (МАФАНМ), визначали відповідно до ДСТУ 8446:2015. Кількість бактерій групи кишкової палички (БГКП) – за ДСТУ 8381:2015, а наявність сальмонели – за ДСТУ EN 12824:2004. Для визначення золотистого стафілококу використали методику ДСТУ ISO 6888-3:2003, бактерії роду *Proteus* – згідно з ДСТУ 744-2:2013, *Listeria monocytogenes* – за ДСТУ ISO 11290-1:2003.

Результати дослідження

На [рисунку 1](#) наведено інформацію щодо результатів дослідження таких показників, як ВУЗ (водоутримувальна здатність), ВЗЗ (вологозв'язуюча здатність), та масова частка вологи. Дослідження проводились для контрольного фаршу та двох зразків фаршів “Шинка з м'яса курки” (зразок № 1) та “Шинка з м'яса індики” (зразок № 2).

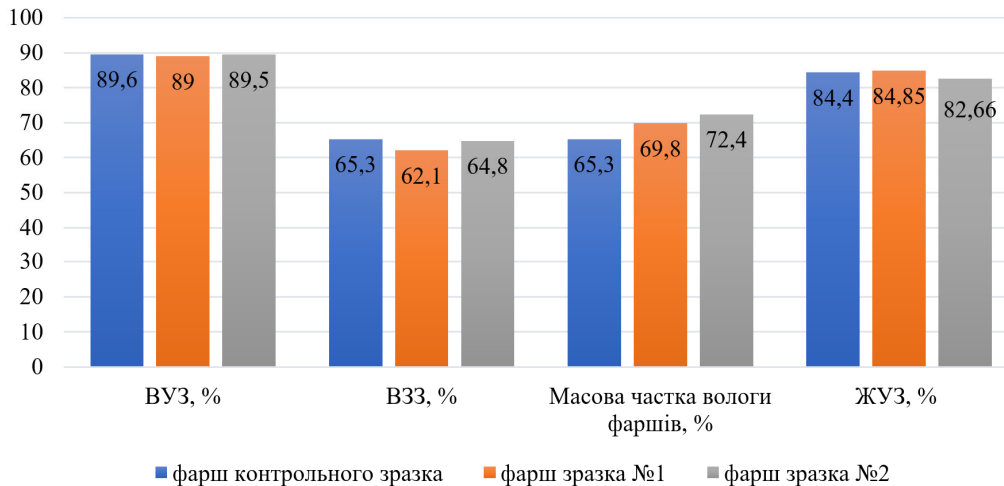


Рис. 1. Результати досліджень функціонально-технологічних показників фаршів реструктурованих шинок з м'яса птиці

Вологоутримувальна здатність (ВУЗ) контрольного зразка – 89,6 %, зразка № 1 – 89 %, зразка № 2 – 89,5 %.

Зразок № 1 та зразок № 2 має вологоутримуючу (ВУЗ) здатність на 0,67 % та на 0,11 % нижчу, ніж контрольний зразок. Незначні відмінності можуть бути пов'язані зі структурою фаршу та вмістом жиру.

Вологозв'язуюча здатність (ВЗЗ) контрольного зразка – 65,3 %, зразка № 1 – 62,1 % зразка № 2 – 64,8 %.

Зразок № 1 має найвищу жирозв'язуючу здатність (ЖУЗ) серед усіх зразків, що може бути ознакою кращої стабільності фаршу. Зразок № 2 демонструє найнижчу ЖУЗ, що може призвести до втрати частини жиру під час термічної обробки та може негативно вплинути на їх органолептичні показники.

Результати досліджень фізико-хімічних властивостей реструктурованих шинок з м'яса птиці наведено на [рисунку 2](#).

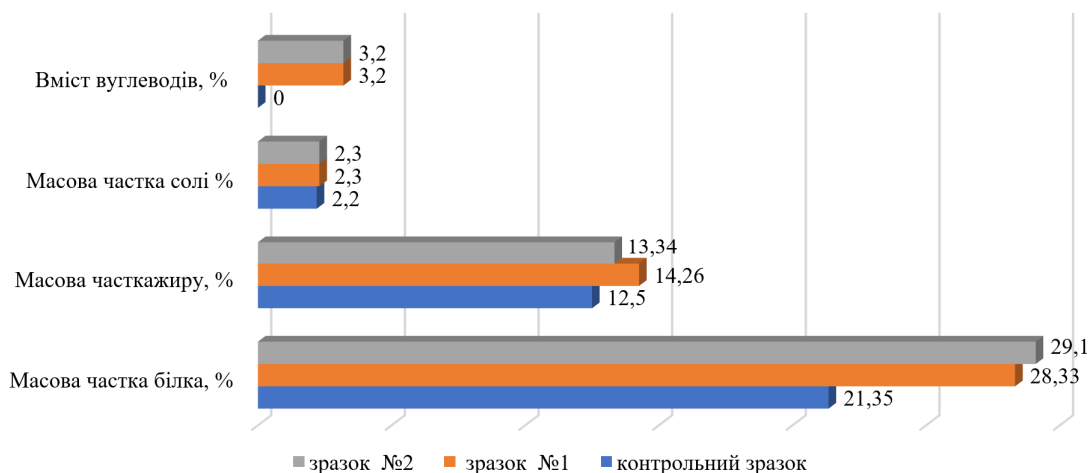


Рис. 2. Результати досліджень фізико-хімічних показників реструктурованих шинок з м'яса птиці

За результатами досліджень встановлено, що масова частка білка у зразках № 1 і № 2 зросла на 32,44 % та 36,48 % порівняно з контрольним зразком.

Масова частка жиру у всіх дослідних зразках відрізняється, що пояснюється хімічним складом вико-

ристаної сировини. Зокрема зразок № 1 характеризується на 14,08 % більшим вмістом жиру порівняно з контролем, а зразок № 2 – на 6,72 %.

Масова частка солі у дослідних зразках підвищилась на 4,55 % порівняно з контролем, але таке зна-

чення в межах похибки, оскільки кількість солі у всіх рецептурах однакова і становить 2,5 кг на 100 кг основної сировини.

Встановлений вміст вуглеводів у зразках № 1 та № 2 (по 3,2 %) вказує на складові, введені в рецептуру, зокрема ізолят сочевиці та крохмаль.

Вихід виробів, що виготовляється з м'яса птиці, механічно обваленого м'яса птиці (ММО), ізоляту сочевиці та яєчного порошку, залежить від пропорцій цих компонентів, а також від кількості доданої води

(10 %) та технології виробництва. ММО та білкові компоненти (ізолят сочевиці, яєчний порошок) добре утримують вологу.

Контрольний зразок має вихід на рівні 89,07 % і втрати – 10,93 %.

У таблиці 2 наведено органолептичну характеристику, зокрема зовнішній вигляд, форму та розмір, консистенцію, вигляд на розрізі, запах і смак виробів двох зразків шинок: зразка № 1 “Шинка з м'яса курки” та зразка № 2 “Шинка з м'яса індики”.

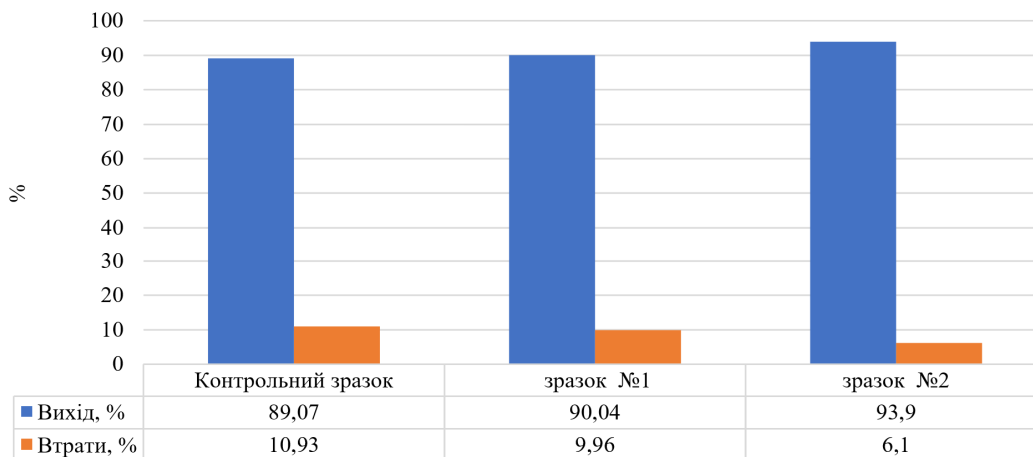


Рис. 3. Результати розрахунку виходу і втрат реструктурованих шинок з м'яса птиці

Таблиця 2

Органолептичні показники реструктурованих шинок з м'яса птиці

Показник	Характеристика	
	Зразок № 1 “Шинка з м'яса курки”	Зразок № 2 “Шинка з м'яса індики”
Зовнішній вигляд	Поверхня шинок є чистою, сухою, не має пошкоджень поверхні, відсутні витікання бульйону та жиру, а також немає ознак злипання	
Форма та розмір	Прямі батони, довжиною 20 см	
Консистенція	Пружна, ніжна	
Вигляд на розрізі	Вироби мають однорідну структуру, світло-рожевий відтінок, рівномірно перемішаний, без порожнин і сірих плям	
Запах	Приємний з ароматом спецій	
Смак	Без сторонніх присмаків, вміру солений	

Мікробіологічні показники є важливими параметрами, які характеризують стан м'ясних виробів і їх відповідність стандартам безпеки. Визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерій групи кишкової палички, сальмонел, золотистого стафілокока та ін-

ших патогенних мікроорганізмів дозволяє оцінити ризики, пов'язані з харчовими інфекціями та отруєннями.

У таблиці 3 наведено результати досліджень реструктурованих шинок за мікробіологічними показниками на 3 добу після виробництва.

Таблиця 3

Дослідження реструктурованих шинок за мікробіологічними показниками

Назва показника	Норма відповідно до стандарту (ДСТУ 4529:2006)	Назви дослідних зразків	
		Зразок № 1 “Шинка з м'яса курки”	Зразок № 2 “Шинка з м'яса індики”
КМАФАнМ, КУО в 1,0 г продукту	1×10^3	$2,4 \times 10^2$	$2,6 \times 10^2$
БГКП, в 1 г продукту	Не допускається		Не виділено
Сульфитредукуючі клостридії, в 1 г продукту	Не допускається		Не виділено
Бактерії роду <i>Proteus</i> , в 0,1 г продукту	Не допускається		Не виділено
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 г продукту	Не допускається		Не виділено
<i>Salmonella</i> , в 25 г продукту	Не допускається		Не виділено
<i>L. monocytogenes</i> , в 1 г продукту	Не допускається		Не виділено

Усі показники мікробіологічної безпеки для обох дослідних зразків відповідно до нормативних документів вказують на високу якість і безпечність продукції. Відсутність патогенних мікроорганізмів підтверджує належні умови виробництва.

Обговорення

pH контрольного зразка становив 6,1, зразка № 1 – 6,2, зразка № 2 – 6,1. Значення pH у зразка № 1 на 1,6 % вище, ніж у контрольного зразка і зразка № 2. Це підвищення може бути пов'язане зі змінами у складі інгредієнтів, які впливають на кислотно-лужний баланс і кращу вологозв'язуючу здатність. На показники вологозв'язуючої здатності для фаршів впливає активна кислотність, адже при наближенні значення pH до ізоелектричної точки, функціонально-технологічно властивості білків знижуються (Bozhko et al., 2016).

Вологозв'язуюча здатність зразка № 1 на 4,9 % нижча, ніж у контрольного зразка, а зразка № 2 – на 0,77 % нижча. Зниження цього показника може свідчити про меншу кількість білків або інші фактори, які зменшують здатність фаршу зв'язувати вологу.

Контрольний зразок має ЖУЗ на рівні 84,4 %. У зразка № 1 жирозв'язуюча здатність становила 84,85 %, що на 0,53 % вище за контрольний зразок, і це може вказувати на кращу здатність фаршів дослідних зразків утримувати жир. Зразок № 2 має ЖУЗ на рівні 82,66 %, що на 2,06 % нижче, ніж у контрольного зразка, і це може свідчити про зниження здатності утримувати жир, що, ймовірно, вплине на текстуру та соковитість продукту в результаті термічної обробки. Структура і хімічний склад індичого м'яса, ймовірно, призводять до зниження здатності утримувати жир. Залежно від рецептури, додаткові білки (ізолят сочевиці, яєчний порошок) та ММО можуть позитивно впливати на ЖУЗ, але різні види основної сировини (м'ясо курки або індика) і їхній вміст мають визначальний вплив на кінцевий результат.

Зразок № 1 (“Шинка з м'яса курки”) також містить 46 кг м'яса курки, але додатково включає 20 кг ММО індика, 10 кг ізоляту з сочевиці та яєчного порошку. Використання ММО індика знижують ВУЗ до 89,0 %, ВЗЗ до 62,1 %, ЖУЗ до 84,85 %. Ізолят з сочевиці та яєчний порошок можуть підвищувати водо- і жирозв'язуючу здатність за рахунок додаткового вмісту білків та волокон, що сприяє їх утриманню. Отримані результати схожі з результатами досліджень (Basarab et al., 2021).

Зразок № 2 (“Шинка з м'яса індика”) містить 47 кг м'яса індика, 20 кг ММО курки та 10 кг ізоляту з сочевиці і яєчного порошку, що призводить до зниження ЖУЗ до 82,66 % і підвищення ВУЗ до 89,5 %, ВЗЗ до 64,8 порівняно зі зразком № 1. М'ясо індика характеризується кращими функціонально-технологічними властивостями і вміст ММО курки, ізолят з сочевиці можуть підвищувати вологоутримуючі властивості.

За результатами розрахунків енергетичної цінності встановлено, що у зразка № 1 вона на 2,04 % більша, ніж у зразка № 2. Такі результати пояснюються використанням у рецептурі № 2 м'яса індика, яка містить

більше білків і менше жиру ніж у м'ясі курятини і фізико-хімічними показниками, оскільки масові частки білка і жиру у дослідному зразку № 2 складають 29,10 % та 13,34 %, а у зразку № 1 – 28,33 % і 14,26 %.

Зразок № 1 характеризується підвищеним виходом після термічної обробки, який становить 90,04 %, що на 0,97 % більше порівняно з контрольним зразком. Це можна пояснити додаванням ізоляту з сочевиці, який покращує консистенцію продукту. Втрати при цьому знижуються до 9,96 %, що є добрим показником ефективності.

Зразок № 2 має найвищий вихід серед усіх зразків, досягаючи 93,9 %, що перевищує контрольний на 4,83 %. Зниження втрат до 6,1 % вказує на високу ефективність технологічного процесу, ймовірно, завдяки використанню м'яса індика у рецептурі.

За результатами органолептичних показників встановлено, що за зовнішнім виглядом обидва зразки мають чисту та суху поверхню без пошкоджень, а також відсутні витікання бульйону та жиру, що вказує на якість виготовлення та правильність технологічного процесу. Крім того, немає ознак злипання, що свідчить про відсутність недоліків під час охолодження.

Вироби, представлені у формі прямих батонів довжиною 20 см, забезпечують зручність у нарізці та подачі.

Обидва зразки характеризувалися пружною та ніжною консистенцією, що вказує на правильне співвідношення інгредієнтів та їх обробку.

На розрізі виробів помітно однорідну структуру, світло-рожевий відтінок фаршу, що рівномірно перемішаний. Вироби не містять порожнин і сірих плям, що є показником їх якості.

Обидва зразки мають приємний запах з ароматом прянощів, що свідчить про використання якісних добавок та прянощів у рецептурі.

Смак шинок характеризується відсутністю сторонніх присмаків і помірною солоністю, що робить їх приємними для споживання.

Сенсорна оцінка дослідних зразків реструктурованих шинок була проведена за участю семи працівників кафедри.

Згідно з отриманими оцінками, за показником “Зовнішній вигляд” зразок № 1 набрав найбільшу кількість балів серед усіх зразків – 4,85. Зразок № 2 отримав 4,71 бала, а контроль – 4 бали. Згідно з отриманими оцінками, зразок № 2 набрав найбільшу кількість балів за показником “консистенція” – 4,86. Зразок № 1 отримав 4,71 бала, а контроль лише 3,86 бала. За результатами оцінювання показника “запах” зразок № 1 набрав найбільшу кількість балів – 4,85. Зразок № 2 отримав 4,7 бала, що нижче, ніж у зразку № 1. Контрольний зразок набрав лише 4,57 бала. Зразок № 1 набрав найбільшу кількість балів за показником “смак” – 5. Зразок № 2 отримав 4,86 бала. Контрольний зразок набрав лише 4 бали. За результатами оцінювання показника “колір”, зразок № 1 та зразок № 2 набрали однакову кількість балів – 4,7. Контрольний зразок отримав 3,71 бала, що вказує на те, що його колір є менш виразним порівняно зі зразками № 1 та № 2.

За результатами дослідження мікробіологічних показників встановлено, що кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (кМАФАнМ) в зразку № 1 становила $2,4 \times 10^2$ КУО, в зразку № 2 – $2,6 \times 10^2$ КУО. Результати є нижчими від норми, що підтверджує відповідність виробів за мікробіологічними показниками.

Бактерії групи кишкової палички (БГКП), сульфит-редуючих клостридій, наявність бактерії роду *Proteus* у 0,1 г продукту, *Staphylococcus aureus*, бактерії роду *Salmonella* в 25 г продукту, *Listeria monocytogenes* в 1 г у обох зразках не виявлено, що підтверджує їхню безпечність.

Висновки

До складу рецептур реструктурованих шинок з м'яса птиці (зразок № 1 “Шинка з м'яса курки”) входить 46 кг м'яса курки, 20 кг ММО індика, 10 кг яєчного порошку, 10 кг сала, 10 кг ізоляту з сочевиці та 4 кг крохмалю. У складі рецептури зразка № 2 “Шинка з м'яса індика” – 47 кг м'яса індика, 20 кг ММО курки, 10 кг яєчного порошку, 10 кг сала, 10 кг ізоляту з сочевиці та 3 кг крохмалю. Допоміжна сировина: сіль (2500 г), барвник Пано (E124) (20 г), триполіфосфат натрію (E451) (30 г), нітрит натрію (0,007 г), чорний мелений перець (50 г) та мускатний горіх (50 г). Реструктуровані шинки піддавали запіканню за температури 110 ± 2 °C упродовж 30 хв, масою 450 г та довжиною 20 см.

При дослідженні рН встановлено його зростання у зразку № 1 на 1,6 %, ніж у контрольному зразку і зразку № 2. На показники вологозв'язуючої здатності для фаршів впливає активна кислотність, адже при наближенні значення рН до ізоелектричної точки функціонально-технологічні властивості білків знижуються.

Встановлено, що зразок № 1 має вологоутримуючу здатність на 0,67 % нижчу, ніж контроль, тимчасом як у зразку № 2 цей показник на 0,11% нижчий за контроль. Вологозв'язуюча здатність зразка № 1 на 4,9 % нижча, ніж у контрольного зразка, а зразка № 2 – на 0,77 % нижча. Зразок № 1 має найвищу жирозв'язуючу здатність серед усіх зразків, що може бути ознакою кращої стабільності фаршу. Зразок № 2 має найнижчу ЖУЗ – 82,66 %.

За результатами фізико-хімічних досліджень встановлено, що масова частка білка у зразках № 1 і № 2 зросла на 32,44 % та 36,48 % порівняно з контрольним зразком. Масова частка жиру у зразку № 1 на 14,08 %, а зразка № 2 – на 6,72 % більша порівняно з контролем. Вуглеводів у зразках № 1 та № 2 міститься по 3,2 %, на що впливають введені в рецептуру ізолят сочевиці та крохмаль.

Зразок № 1 має підвищений вихід на рівні 90,04 %, що свідчить про позитивний вплив ізоляту сочевиці на збереження вологи у виробі. Зразок № 2, що містить м'ясо індика, продемонстрував найвищий вихід (93,9 %) і найнижчі втрати (6,1 %).

Отримані результати органолептичних досліджень реструктурованих шинок з м'яса птиці підтверджують їхні високі смакові якості. Обидва зразки можуть

успішно конкурувати на ринку та задовольняти потреби споживачів.

За результатами мікробіологічної оцінки – дослідні зразки реструктурованих шинок з м'яса птиці відповідають вимогам нормативної документації, вказують на високу якість та безпечність продукції.

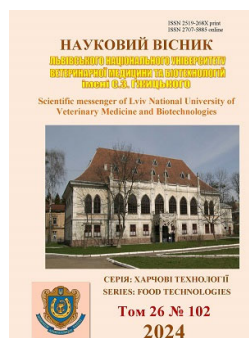
Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Basarab, I., Drachuk, U., Halukh, B., Koval, H., Simonova, I., & Herez, N. (2021). Using of non-traditional raw materials in the technology of cooked sausages with functional purposes. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 23(95), 65–71. DOI: 10.32718/nvlvet-f9511.
- Bozhko, N., Pasichniy, V., & Bordunova, V. (2016). Meat-containing cooked sausage containing the meat of a duck. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 18(2), 143–146. DOI: 10.15421/nvlvet6829.
- Carpentieri, S., Larrea-Wachtendorff, D., Donsi, F., & Ferrari, G. (2022). Functionalization of pasta through the incorporation of bioactive compounds from agri-food by-products: Fundamentals, opportunities, and drawbacks. *Trends Food Sci Technol*, 122, 49–65. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.02.011.
- Farouk, M. M. (2010). Restructured whole-tissue meats. In: Toldrá F, editor. *In Handbook of meat processing*. Blackwell; Hoboken, NJ, USA, 399–421. DOI: 10.1002/9780813820897.ch23.
- Freire, M., Bou, R., Cofrades, S., Solas, M. T., & Jimenez-Colmenero, F. (2016). Double emulsions to improve frankfurter lipid content: impact of perilla oil and pork backfat. *Journal of the science of food and agriculture*, 96(3), 900–908. DOI: 10.1002/jsfa.7163.
- Ionescu, A., Aprodu, I., Zara, M. L., & Gurău, G. (2003). Researches concerning biochemical stability of mechanical deboned poultry meat during freezing. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology*, 38–43.
- Lal, R. (2017). Improving soil health and human protein nutrition by pulses-based cropping systems. *Advances in Agronomy*, 145, 167–204. DOI: 10.1016/bs.agron.2017.05.003.
- Markovych, I. I. (2015). Doslidzhennia zhyrnokyslotnoho skladu napivkopchenykh kovbas z vykorystanniam sochevytsi, yalivtsiu ta chebretsii. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 1(30), 37–42. DOI: 10.15673/2073-8684.30/2015.38383 (in Ukrainian).
- Markovych, I. I. (2015). Vplyv priano-aromatychnoi syrovyny na yakist tvarynnnykh zhyriv. *Skhidnoevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii*, 2/10(74), 31–36. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2015_2%2810%29_7 (in Ukrainian).
- Patel, D., Nayak, N. K., & Chauhan, P. (2023). Recent developments in restructured meat products. *Pharma*

- Innov, 12(12), 1124–1129. URL: <https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue12S/PartO/S-12-11-320-755.pdf>.
- Polášek, Z., Salek, R.N., Vašina, M., Lyčková, A., Gál, R., Pachlová, V., & Buňka, F (2021). The effect of furcellaran or κ -carrageenan addition on the textural, rheological and mechanical vibration damping properties of restructured chicken breast ham. *LWT-Food Sci Technol*, 138, 110623. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110623.
- Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. *Meat science*, 92(3), 297–301. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.04.008.
- Shevkani, K., Singh, N., Chen, Y., Kaur, A., & Yu, L. (2019). Pulse proteins: secondary structure, functionality and applications. *Journal of food science and technology*, 56(6), 2787–2798. DOI: 10.1007/s13197-019-03723-8.
- Zhu, X., Li, X., Liu, X., Li, J., Zeng, X. A., Li, Y., Yuan, Y., & Teng, Y. X. (2023). Pulse Protein Isolates as Competitive Food Ingredients: Origin, Composition, Functionalities, and the State-of-the-Art Manufacturing. *Foods* (Basel, Switzerland), 13(1), 6. DOI: 10.3390/foods13010006.



**Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології**

**Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies**

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10208
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 664.8.032.2:635.64

Improving the technology of pate products by using additives from non-traditional raw materials of plant origin

Y. Matsuk¹✉, A. Geredchuk², I. Bleskov¹

¹Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

²Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine

Article info

Received 10.07.2024

Received in revised form

13.08.2024

Accepted 14.08.2024

Oles Honchar Dnipro National
University, Gagarina Ave., 72,
Dnipro, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-066-372-97-44
E-mail: lyly2006@ukr.net

Poltava University of Economics
and Trade, Koval Str., 3, Poltava,
36014, Ukraine.

Matsuk, Y., Geredchuk, A., & Bleskov, I. (2024). Improving the technology of pate products by using additives from non-traditional raw materials of plant origin. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 54–59. doi: 10.32718/nvlvet-f10208

The article presents the scientific substantiation and experimental research results aimed at developing innovative technology for producing functional pâtés using unconventional raw materials. The focus is on incorporating craft oilseed press cakes (pumpkin, hemp, black cumin) and cranberry pomace, which enhance the nutritional value of the product and provide antioxidant properties. Emphasis is placed on the relevance of utilizing plant-based waste materials in production processes, aligning with current trends in sustainability and zero-waste production. Oilseed press cakes, obtained by cold pressing, are rich sources of proteins, unsaturated fatty acids, dietary fiber, microelements, and phytosterols, which contribute to cholesterol reduction. Cranberry pomace is characterized by its high content of natural antioxidants, organic acids, and polyphenols, which boost immunity and reduce inflammation. The experimental study included the chemical composition analysis of raw materials, particularly the residual fat, protein, dietary fiber, and other components. The developed pâté formulations were based on substituting chicken liver with nutria liver and adding press cakes and cranberry pomace in varying proportions (from 2 % to 8 %). According to the research findings, the optimal formulation contained 8 % pumpkin press cake and cranberry pomace, achieving high protein (20.10 %), fat (21.50 %), and dietary fiber (2.50 %) levels, significantly exceeding those of the control sample. The developed technological scheme adapts production processes to the new ingredients without requiring significant investments in equipment modernization. Improvements in formulation and the integration of new ingredients enhanced the functional and technological properties of the pâtés, including water retention capacity and plasticity, ensuring product stability and a prolonged shelf life. Sensory evaluation of the pâtés demonstrated high consumer appeal, including balanced taste, rich aroma, and pleasant texture. It was also established that using oilseed press cakes and cranberry pomace allows for creating a product with enhanced functional and preventive potential, making it suitable for broad consumption under modern healthy eating requirements. The study confirmed the ecological effectiveness of the proposed approach, as utilizing plant-based waste materials reduces food losses and minimizes environmental impact. This aligns with global trends in sustainable development and the rational use of natural resources. The results allow for recommending the developed pâtés as functional-preventive food products for widespread implementation in the restaurant industry and mass production. They meet the demands of conscious consumers seeking a balanced diet and serve as a basis for further research in healthy nutrition.

Key words: functional pates, craft press cake, cranberry, nutritional value, innovative technologies, ecological sustainability, healthy eating.

Удосконалення технології паштетних виробів шляхом використання добавок з нетрадиційної сировини рослинного походження

Ю. А. Мацук¹✉, А. М. Гереччук², І. В. Блесков¹

¹Дніпровський національний університет ім. Олеса Гончара, м. Дніпро, Україна²Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава, Україна

У статті представлено результати наукового обґрунтування й експериментальних досліджень, спрямованих на розробку інноваційної технології виробництва функціональних паштетів із використанням нетрадиційної сировини. Основну увагу зосереджено на залученні крафтових макух олійного насіння (гарбузового, конопляного, чорного кмину) та вичавок журавлини, що дозволяє підвищити харчову цінність продукту та надати йому антиоксидантних властивостей. Особливий акцент зроблено на актуальності використання відходів рослинної сировини у виробничих процесах, що відповідає сучасним тенденціям екологічної стійкості та принципам безвідходного виробництва. Макухи олійного насіння, отримані методом холодного віджиму, є багатими джерелами білків, ненасичених жирних кислот, клітковини, мікроелементів та фітостеролів, які сприяють зниженню рівня холестерину. Вичавки журавлини відзначаються високим вмістом природних антиоксидантів, органічних кислот і поліфенолів, що підвищують імунітет та знижують запальні процеси. Експериментальна частина дослідження охоплювала визначення хімічного складу сировини, зокрема вмісту жирів, білків, харчових волокон та інших компонентів. Розроблені рецептури паштетів базувалися на використанні печінки нутрії замість курячої печінки, а також додаванні макух і вичавок журавлини у різних пропорціях (від 2 % до 8 %). Згідно з результатами досліджень, оптимальним виявився зразок із 8 % гарбузової макухи та вичавок із журавлини. Така рецептура забезпечує високий рівень білків (20,10 %), жирів (21,50 %) та харчових волокон (2,50 %), що суттєво перевищує показники контрольного зразка. Розроблена технологічна схема передбачає адаптацію виробничих процесів до нових інгредієнтів без необхідності значних інвестицій у модернізацію обладнання. Удосконалення рецептурного складу та впровадження нових інгредієнтів сприяє покращенню функціонально-технологічних характеристик паштетів, зокрема вологостійкості та пластичності, що забезпечує стабільність і тривалий термін зберігання готового продукту. Оцінка органолептичних властивостей паштетів продемонструвала їхню високу привабливість серед споживачів, зокрема збалансований смак, насичений аромат і приємну консистенцію. Також встановлено, що використання макух олійного насіння та вичавок із журавлини дозволяє створити продукт із підвищеним функціонально-профілактичним потенціалом, що робить його придатним для широкого споживання в умовах сучасних вимог до здорового харчування. Дослідження підтвердили екологічну ефективність запропонованого підходу, оскільки використання відходів рослинної сировини сприяє зменшенню харчових втрат і знижує негативний вплив на довкілля. Це узгоджується з глобальними трендами сталого розвитку та раціонального використання природних ресурсів. Отримані результати дозволяють рекомендувати розроблені паштети як функціонально-профілактичні продукти для широкого впровадження в ресторанному господарстві та масовому виробництві. Вони відповідають вимогам свідомих споживачів, які прагнуть до збалансованого раціону, та можуть стати основою для подальших досліджень у галузі здорового харчування.

Ключові слова: функціональні паштети, крафтова макуха, вичавки із журавлини, харчова цінність, інноваційні технології, екологічна стійкість, здорове харчування.

Вступ

Сучасна харчова промисловість спрямована на створення функціональних продуктів із високою харчовою цінністю, які відповідають запитам свідомих споживачів. Паштети займають вагому нішу серед м'ясних та рослинних продуктів завдяки універсальності використання та широкому асортименту. Використання нетрадиційної сировини, зокрема крафтових макух олійного насіння (гарбуза, коноплі та чорного кмину) і вичавок журавлини, дозволяє покращити поживну цінність продукту, додати антиоксидантні властивості та забезпечити оптимальний баланс макро- й мікроелементів (Bozhko et al., 2023; Pertsevoi et al., 2023; Ryapolova & Telenik, 2023; Pasichnyi et al., 2024; Khomych et al., 2024).

За даними FAO BOO3, 32 % населення світу недостатньо споживають клітковину та рослинні компоненти, що негативно впливає на стан серцево-судинної системи. Дослідженнями підтверджені функціональні властивості макухи олійного насіння, які багаті на рослинний білок, ненасичені жирні кислоти й фітостероли, що сприяють зниженню рівня холестерину. Вичавки журавлини, за результатами досліджень, є джерелом природних антиоксидантів та органічних кислот, що покращують імунітет та сприяють зниженню запальних процесів (Khomych et al., 2017).

Згідно з аналітичними даними Euromonitor International, продажі функціональних м'ясних виробів із включенням рослинних компонентів зросли на 14 % за останні п'ять років, що підтверджує високу зацікавленість споживачів у таких продуктах.

В умовах сучасного виробництва особливої актуальності набуває зменшення обсягів відходів рослинної сировини. Зростання чисельності населення планети безпосередньо впливає на інтенсивність споживання природних ресурсів, провокуючи їх виснаження. Відходи виробництва не лише погіршують екологічний стан довкілля, а й спричиняють матеріальні втрати. Харчова промисловість, як одна з найбільш ресурсоемних галузей, стикається з викликом зниження ресурсозатратності шляхом впровадження інноваційних підходів, таких як вторинна переробка сировини та застосування мало- чи безвідходних технологій, що сприяють сталому розвитку.

Мета досліджень

Мета досліджень, висвітлених у статті, полягає у науковому обґрунтуванні і розробці рецептури, і технології виробництва паштетів з використанням нетрадиційної сировини. На основі поставленої мети були сформовані завдання дослідження: провести аналіз асортименту, технологій та харчової цінності паштетів печінкових; обґрунтувати перспективи використання вичавок журавлини та крафтових макух олійного насіння в технології печінкових паштетів; дослідити хімічний склад та технологічні властивості сировини; удосконалити рецептури паштетів печінкових та визначити раціональне співвідношення інгредієнтів; дослідити харчову цінність, функціонально-технологічні, органолептичні властивості; удосконалити технологічну схему виробництва паштетів.

Матеріал і методи досліджень

Експериментальні дослідження та відпрацювання рецептур проводилися в лабораторіях кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара та лабораторіях кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства Полтавського університету економіки і торгівлі. Також дослідження хімічного складу крафтових макух проводили у Науково-дослідному випробувальному центрі харчової продукції ДП “Полтавстандартметрологія”, який входить до складу Випробувального центру з підтвердження відповідності акредитованого відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019.

У роботі використовувалися загальноприйняті методи досліджень, які дозволили визначити функціонально-технологічні та фізико-хімічні показники сировини та готових виробів. Органолептичні показники за ДСТУ 4823.2:2007 “Продукти м’ясні. Органолептичне оцінювання показників якості”. Масова частка вологи за ДСТУ ISO 1442:2005 “М’ясо та м’ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи”. Для аналізу використовували шафу сушильну типу СНОЛ 7/350. Масова частка білка – арбітражний метод визначення масової частки загального азоту (метод К’ельдаля) з наступним перерахунком на кількість білка (коефіцієнт 6,25). Масова частка жиру у паштетах – прискорений екстракційно-ваговий метод. Масова частка жиру у макусі – визначання вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета. Масова частка мінерального залишку – гравіметричний метод, обвуглення проби продукту – з подальшим прожарюванням при 600 °C і визначення маси мінерального залишку. Вміст клітковини в паштетах – ваговий метод. Вміст клітковини в макусі – метод Кюршнера і Ганнека. Активна кислотність (рН) – потенціометричний метод. Маса сировини та готової продукції встановлювали зважуванням на вагах лабораторних електронних МНЗ 0.01-500, з точністю до 0,01 г.

Повторність дослідів – трикратна. Отримані експериментальні дані подано в одиницях міжнародної системи СІ. Відносна похибка експериментальних вимірювань в межах довірчого інтервалу 0,05. Дослідні та контрольні зразки готувалися із однієї партії сировини.

Таблиця 1

Хімічний склад крафтових макух

Показники	Макуха з насіння гарбуза	Макуха з насіння коноплі	Макуха з насіння чорного кмину
Масова частка вологи, %	8,29 ± 0,35	10,20 ± 0,35	7,64 ± 0,35
Масова частка протеїну, %	48,36 ± 1,15	29,87 ± 1,15	26,29 ± 1,15
Масова частка жиру, %	24,23 ± 0,22	9,90 ± 0,22	28,13 ± 0,22
Масова частка мінеральних речовин, %	2,56 ± 0,01	2,92 ± 0,01	2,31 ± 0,01
Масова частка клітковини, %	3,32 ± 0,01	9,64 ± 0,01	3,76 ± 0,01

Дослідження показало, що всі досліджувані макухи мають масову частку вологи в межах допустимих норм (до 15 %). За вмістом білків найбільшу кількість встановлено у макусі з гарбузового насіння – 48,36 %,

Результати та їх обговорення

Вичавки з ягід журавлини отримували та аналізували в стадії споживчої стиглості. За органолептичними показниками ягоди були кулястої форми, мали червоний колір, кислий, специфічний смак та аромат характерний для ягід журавлини. Найбільш традиційним способом переробки ягід журавлини є вилучення соку. Однак під час виробництва соків значна частина поліфенольних сполук залишається у вичавках, а існуючі технології перероблення ягід журавлини не передбачають комплексного використання сировини.

Дослідження хімічного складу ягід журавлини показали, що вони містять у своєму складі: 85...87 % води, 13,2 %, сухих речовин, 3,65 % цукрів, 0,77 % пектину, 0,35 % протопектину, 1,80 % клітковини і мають достатньо високу титровану кислотність (2,5 %). Вуглеводи є вагомою складовою органічних сполук у складі журавлини. Полісахариди журавлини складаються переважно з пектинових речовин, клітковини. Отримані дані верифікуються з дослідженнями інших науковців (Khomych et al., 2017).

Головну частку розчинних сухих речовин у ягодах журавлини становлять цукри, які представлені виключно гексозами – глюкозою та фруктозою. В ягодах журавлини переважає фруктоза, а також в складі виявлено сорбіт, вміст якого складає 11 % від загального вмісту цукрів. Наявність сорбіту свідчить про лікувально-профілактичні властивості даної сировини.

У дослідженні були обрані крафтові макухи з гарбуза, коноплі та чорного кмину, які виробляє сімейна майстерня сиродавлених олій “Divo Maslo”. Ці макухи отримані методом холодного віджиму на гідравлічних пресах. Їх унікальність полягає в тому, що насіння після віджиму зберігає структуру, залишаючись у формі сплюснених і деформованих зерен.

За літературними джерелами, такі макухи мають високу поживну цінність, збагачені біологічно активними речовинами та мають відмінні смакові характеристики. Це робить їх ідеальними для створення паштетів, надаючи стравам унікального смаку.

Щоб оцінити реальну харчову цінність макух, були проведені лабораторні дослідження хімічного складу, включно з визначенням залишкового вмісту жирів. Результати досліджень наведено в таблиці 1.

що перевищує показники макухи коноплі (29,87 %) та чорного кмину (26,29 %) більш ніж у 1,6 рази. Це свідчить про високу цінність гарбузового продукту.

Масова частка ліпідів також варіювалася: у гарбузовій макусі – 24,23 %, чорного кмину – 28,13 %, а найменше – у макусі коноплі (9,90 %), що пояснюється природно низьким вмістом олії в конопляному насінні.

Усі три види макух мають високий вміст клітковини та мінеральних речовин. Зокрема, макуха коноплі вирізняється найвищим вмістом клітковини через використання частково неочищеного насіння. Це робить ці продукти особливо цінними для харчових технологій.

Висока харчова цінність крафтових макух обґрунтовує їх доцільність введення у паштетні маси для збагачення їх білками, мікроелементами та функціональними властивостями.

Сьогодні пастоподібні продукти, зокрема паштети, стають все більш популярними завдяки їх легкому засвоєнню та можливості підвищити харчову цінність шляхом додавання функціональних інгредієнтів. На основі хімічного складу печінки нутрії, вичавок журавлини та крафтових макух олійного насіння було розроблено рецептури паштетів із підвищеною харчо-

вою цінністю. Для експерименту використовували печінку нутрії замість курячої, а також макухи гарбуза, коноплі та чорного кмину, вичавки з журавлини. Оптимальна кількість гарбузової макухи варіювала від 2 до 8 %, вміст вичавок журавлини від 2 до 8 % забезпечуючи збалансовані смакові та поживні властивості продукції.

За контроль обрано рецептуру № 165 “Паштет із печінки” згідно “Збірника рецептур страв та кулінарних виробів”. Проводилася заміна печінки курячої на печінку нутрії. У печінкову масу додавали подрібнені макухи та подрібнені вичавки журавлини. Оскільки макуха чорного кмину має насичений смак і аромат прянощів, її вносили в оптимальній кількості 1 % до маси паштету. Макуха коноплі має злегка гіркуватий смак, тому її також було додано у мінімальній кількості 1 %. У модельних зразках варіювали тільки кількість внесення гарбузової макухи та вичавок журавлини (2, 4, 6 та 8 %), для визначення оптимального показника. У таблиці 2 наведено проект рецептурного складу досліджуваних паштетів із використанням рослинної сировини.

Таблиця 2

Склад рецептурних компонентів модельних зразків паштетів

Рецептурні компоненти (г)	Контрольний зразок	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4
Печінка куряча варена	750	-	-	-	-
Печінка нутрії варена	-	640	600	560	520
Вичавки журавлини	-	20	40	60	80
Макуха гарбузового насіння	-	20	40	60	80
Макуха конопляного насіння	-	10	10	10	10
Макуха насіння чорного кмину	-	10	10	10	10
Масло вершкове	50	50	50	50	50
Сало свиняче хребтне	50	-	-	-	-
Цибуля ріпчаста	100	100	100	100	100
Морква	74	50	50	50	50
Молоко коров'яче 3,2 %	50	50	50	50	50
Олія соняшникова рафінована	-	50	50	50	50
Вихід, г	1000	1000	1000	1000	1000

У всі рецептурні суміші додавали сіль у кількості 1,5 %. В якості смако-ароматичних добавок також використовували прянощі: перець чорний, коріандр, куркуму, мускатний горіх.

Оцінювання органолептичних характеристик удосконалених паштетів проводилося за закритою дегустацією з використанням 5-бальної системи. Контрольний зразок виявився водянистим, із типовим печінковим смаком. Зразки № 2 та № 3 продемонстрували високі дегустаційні показники завдяки ніжній структурі, оптимальній соковитості та гармонійному смаку, збагаченому нотами горіхів і прянощів завдяки додаванню макух гарбуза й коноплі. Зразок № 4 мав недоліки: сухість, крихкість та занадто виражений смак макухи, легку кислинку за рахунок використання вичавок журавлини. Рекомендовано рецептуру № 3 як найбільш збалансовану за смаком, консистенцією та поживною цінністю, що підходить для масового виробництва.

Технологічна схема виготовлення контрольного зразку паштету включає наступні операції: знежилювання курячої печінки, промивання у воді (10 °C),

варіння (20-60 с), охолодження, подрібнення на м'ясорубці ($3 \cdot 10^{-3}$ м); очищення і миття цибулі ріпчастої та моркви, нарізання, пасерування на салі свинячому (120 °C, 10-60 с); змішування підготовленої печінки, пасерованих моркви та цибулі, молока, масла вершкового, солі та спецій згідно рецептури, пасерування (120 °C, 3...5-60 с); гомогенізація паштету у блендері (10...15-60 с); формування у вигляді рулету та охолодження (10...14 °C); подавання (10...14 °C).

Враховуючи зміну рецептурного складу нових зразків паштетів, було удосконалено технологічну схему їх виготовлення. Технологічна схема виготовлення паштетів включає наступні операції: знежилювання печінки нутрії, промивання у воді (10 °C), варіння (20-60 с), охолодження, подрібнення на м'ясорубці ($3 \cdot 10^{-3}$ м); підсушування макухи у духовій шафі (150 °C) до появи горіхового аромату, тонке подрібнення у кавомолці (5-60 с); подрібнення вичавок журавлини; пасерування цибулі ріпчастої та моркви на рослинній олії (120 °C, 10-60 с); додавання до пасеровки підготовленої печінки, макухи, молока, солі та спецій згідно рецептури, пасерування (120 °C, 10-60

с); гомогенізація паштету у блендері (10...15-60 с); охолодження (10...14 °С); подавання на брусках (грінках, крекерах та ін.) у намазаному вигляді (10...14 °С).

Технологія виготовлення удосконалених зразків паштетів відрізняється операціями по підготовці макухи та вичавок журавлини. Таким чином, розроблена технологія паштетів печінкових з використанням крафтових макух олійного насіння для впровадження у рестораних закладів не потребує додаткових ви-

трат на обладнання та підвищення кваліфікації персоналу, що робить її доступною.

Подальші дослідження були направлені на вивчення харчової цінності та якісних показників розроблених паштетів.

З метою визначення впливу внесення вичавок із журавлини та крафтових макух олійного насіння на харчову цінність модельних зразків, було проведено дослідження хімічного складу паштетів, дані яких представлені у таблиці 3.

Таблиця 3

Хімічний склад модельних зразків паштетів

Показники	Контроль	Зразок №1 (2 %)	Зразок №2 (4 %)	Зразок №3 (6 %)	Зразок №4 (8 %)
Масова частка води, %	61,18 ± 1,15	59,45 ± 1,15	58,90 ± 1,15	57,80 ± 1,15	56,65 ± 1,15
Вміст білків, %	16,72 ± 0,35	17,70 ± 0,35	18,20 ± 0,35	19,05 ± 0,35	20,10 ± 0,35
Вміст жиру, %	20,19 ± 0,22	20,90 ± 0,22	21,05 ± 0,22	21,25 ± 0,22	21,50 ± 0,22
Вміст харчових волокон, %	0,68 ± 0,01	1,20 ± 0,01	1,50 ± 0,01	2,10 ± 0,01	2,50 ± 0,01
Вміст мінеральних речовин, %	1,23 ± 0,01	1,35 ± 0,01	1,50 ± 0,01	1,65 ± 0,01	1,80 ± 0,01

На основі даних неведених у таблиці 3, враховуючи використання макухи та вичавок журавлини, можна зробити наступні висновки: масова частка води знижується (від 61,18 % до 56,65 %) через введення інгредієнтів із низьким вмістом води. Поєднання макух і вичавок сприяє ущільненню консистенції, що покращує стабільність продукту. Вміст білків зростає (до 20,10 % у зразку № 4), завдяки високому вмісту білків у макусі, особливо гарбузовій. Це сприяє покращенню харчової цінності та балансу поживних речовин.

Вміст жирів зростає незначно (до 21,50 %), що пояснюється внесенням макух із залишковим вмістом жирів. Харчові волокна суттєво збільшуються (до 2,50 %), що є результатом високого вмісту клітковини як у журавлині, так і в макусі. Це підвищує функціональну цінність паштетів і робить їх корисними для травлення.

Мінеральні речовини також мають тенденцію до зростання (до 1,80 %), оскільки макуха та вичавки є джерелами мікроелементів.

Таким чином, використання макухи разом із вичавками журавлини є обґрунтованим і дозволяє створити продукт із покращеними функціональними й харчовими характеристиками. Оптимальним за складом є зразок № 4 (8 % вичавок журавлини і максимальна кількість макухи), однак дана рецептура потребує додаткового дослідження структурно-механічних властивостей паштетів.

Отже, дані хімічного аналізу дають підстави віднести розроблені паштети до продуктів функціонально-профілактичного харчування та рекомендувати для повсякденного споживання широкими верствами населення.

У ході експериментальних досліджень встановлено, що удосконалені зразки 1, 2 та 3 мали кращі функціонально-технологічні характеристики (табл. 4). Зокрема зі збільшенням внесення макухи гарбуза покращувалася вологоутримуюча здатність та пластичність. Ці маси гарно утримували вологу і жир як одразу після приготування, так і в термінах зберігання кулінарної продукції.

Таблиця 4

Функціонально-технологічні показники паштетів

Зразок	pH, од.	Вологоутримуюча здатність, % до загальної води	Пластичність, см ² -г/кг
Контроль	6,25	72,80 ± 0,45	25,90 ± 0,32
Зразок № 1	6,35	76,40 ± 0,50	27,45 ± 0,38
Зразок № 2	6,50	80,95 ± 0,48	30,20 ± 0,40
Зразок № 3	6,55	85,50 ± 0,46	32,60 ± 0,35
Зразок № 4	6,65	88,70 ± 0,50	22,95 ± 0,30

Отримані результати свідчать, що зростання pH з 6,25 до 6,65 пояснюється додаванням вичавок журавлини, які вносять органічні кислоти, і макух, що мають лужний буферний ефект. Вологоутримуюча здатність максимальна у зразку №4 (88,70 %), завдяки синергії клітковини з макух і пектинових речовин із журавлини. Пластичність оптимальна в зразку №3 (32,60 см²-г/кг), але у зразку №4 значно знижується

через високу концентрацію волокон і мінералів, що впливають на текстуру.

Висновки

Використання крафтових макух олійного насіння (гарбуз, конопля, чорний кмин) та вичавок журавлини в технології паштетів дозволяє значно підвищити їх

харчову цінність завдяки збагаченню білками, ненасиченими жирними кислотами, клітковиною та мікроелементами, а також забезпечити антиоксидантні властивості.

Проведена оптимізація рецептур. Експериментально визначено, що найкращими за показниками харчової цінності та органолептичними властивостями є паштети, які містять 8 % макухи гарбуза і журавлиних вичавок. Такі зразки характеризуються підвищеним вмістом білків (20,10 %), жирів (21,50 %) та харчових волокон (2,50 %).

Запропонована технологічна схема виробництва паштетів враховує особливості підготовки нових інгредієнтів, таких як підсушування та подрібнення макух та вичавок журавлини, що не потребує значних інвестицій у обладнання та кваліфікацію персоналу, роблячи технологію доступною для широкого впровадження.

Розроблені паштети можна класифікувати як функціонально-профілактичні продукти, придатні для повсякденного споживання, особливо серед населення, яке прагне до збалансованого харчування. Залучення відходів рослинної сировини, таких як макуха та вичавки, у виробничий цикл сприяє зменшенню харчових втрат, підвищенню раціонального використання природних ресурсів і впровадженню принципів сталого розвитку.

Отримані результати підтверджують доцільність впровадження розроблених паштетів у ресторанне господарство та масове виробництво для задоволення запитів споживачів на сучасну функціональну продукцію.

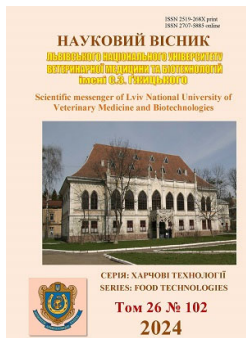
Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях доцільним є вивчення впливу внесених добавок на мікробіологічні показники та терміни зберігання готових виробів.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Bozhko, N. V., Tischenko, V. I., Pasichnyi, V. M., Marynin, A. I., & Matsuk, Y. A. (2023). Comparative analysis of the chemical composition, functional-technological, rheological, and antioxidant properties of wild boar meat (*Sus scrofa*) with DFD properties and industrial pork. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 22(3), 257–266. DOI: 10.17306/J.AFS.2023.1144 (in Ukrainian).
- Khomych, G., Borodai, A., Horobets, O., Nakonechna, Yu., Matsuk, Yu. (2024). Use of different types of currants as an ingredient structure creators *Journal of Chemistry and Technologies*, 32(2), 320–332. DOI: 10.15421/jchemtech.v32i2.302520 (in Ukrainian).
- Khomych, G., Matsuk, Yu., Nakonechnaya, Yu., Oliynyk, N., & Medved, L. (2017). Research of cranberry main indicators of chemical composition and its processing products. *EUREKA: Life Sciences*, 6, 29–36. DOI: 10.21303/2504-5695.2017.00509 (in Ukrainian).
- Khomych, G., Matsuk, Yu., Nakonechnaya, Yu., Oliynyk, N., & Medved, L. (2017). Study of the chemical composition of cranberry and the use of berries in food technology *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11(90)), 59–65. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.117315 (in Ukrainian).
- Pasichnyi, V., Shevchenko, O., Tischenko, V., Bozhko, N., Marynin, A., Strashynskyi, I., & Matsuk, Yu. (2024). Substantiating the feasibility of using hemp seed protein in cooked sausage technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11(130)), 56–66. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310668 (in Ukrainian).
- Pertsevoi, F., Fotina, T., Koshel, O., & Marenkova, T. (2023). Expanding the range of pates enriched with cultivated mushroom raw materials for catering services. *Scientific Bulletin of TSTU. Zaporizhzhia*, 13(1), 1–13. DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-30 (in Ukrainian).
- Ryapolova, I. O., & Telenik, Y. S. (2023). Sensory indicators of quality and safety of the developed combined meat pates. *Tavriyskyi naukovyi vestnik. Series: Technical Sciences*, 3, 70–78. DOI: 10.32782/tnv-tech.2023.3.9.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10209
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 338.4:620.9

Innovative approaches to the creation of semi-finished meat with the addition of vegetable components

S. Maikova¹, I. Romashko^{2✉}, O. Masliychuk¹, O. Vivcharuk¹

¹Ivan Franko National University Lviv, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 22.07.2024
Received in revised form
26.08.2024
Accepted 27.08.2024

Ivan Franko National
University of Lviv,
Kyryla i Mehofdiya Str., 6,
Lviv, 79005, Ukraine.

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska str., 50, Lviv, Ukraine.
Tel.: +38-050-579-04-99
E-mail: mysh@ukr.net

Maikova, S., Romashko, I., Masliychuk, O., & Vivcharuk, O. (2024). Innovative approaches to the creation of semi-finished meat with the addition of vegetable components. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 60–66. doi: 10.32718/nvlvet-f10209

The article is devoted to the development of a multicomponent formulation for ready-to-cook meat semi-finished products using plant-based additives such as rosemary extract, kelp powder, and alfalfa. The aim of the study was to enhance the nutritional value, stability, and quality of meat products while reducing dependence on artificial preservatives through the presence of natural antioxidants. The study analyzed the chemical composition of four types of meat raw materials (turkey, rabbit, beef, and beef heart) and the plant components used in the semi-finished products. The research included an analysis of the amino acid and fatty acid composition of the ingredients, which enabled the development of a product formulation balanced in terms of essential amino acids. The high protein content and polyunsaturated fatty acids found in turkey and rabbit meat were taken into account, making these products highly valuable nutritionally. The inclusion of rosemary extract reduced the intensity of oxidative processes, while kelp enriched the product with microelements such as iodine, calcium, and iron. Organoleptic studies revealed that samples containing plant-based additives received the highest ratings for taste, aroma, texture, and appearance. The best results were achieved by a sample containing a combination of rabbit and turkey meat with the addition of rosemary extract, kelp, and alfalfa. The final data confirmed the effectiveness of the proposed formulation, which not only improves the nutritional value of the product but also extends its shelf life without the use of artificial preservatives. The article highlights the potential of using natural plant-based additives in the meat industry to produce products with improved properties that meet modern healthy nutrition standards.

Key words: meat semi-finished products, plant additives, rosemary extract, kelp, alfalfa, nutritional value, antioxidants, organoleptic properties.

Інноваційні підходи до створення м'ясних напівфабрикатів з додаванням рослинних компонентів

С. Майкова¹, І. Ромашко^{2✉}, О. Маслійчук¹, О. Вівчарук¹

¹Львівський національний університет імені І. Франка, м. Львів, Україна

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, м. Львів, Україна

Стаття присвячена розробці полікомпонентної рецептури м'ясних напівфабрикатів високого ступеня готовності з використанням рослинних добавок, таких як екстракт розмарину, порошок ламінарії та люцерни. Метою дослідження було підвищення харчової цінності, стабільності та якості м'ясної продукції, а також зниження залежності від штучних консервантів за рахунок присутності природних антиоксидантів. У статті досліджено хімічний склад чотирьох видів м'ясної сировини (індикка, кролик, яловичина, яловиче серце) та рослинних компонентів напівфабрикатів. У ході дослідження проаналізовано амінокислотний та жирнокислотний склад використаних інгредієнтів, що дозволило запропонувати рецептуру продукту, збалансовану за вмістом незамінних амінокислот. Було враховано високий рівень білків, а також поліненасичених жирних кислот у м'ясі індички та кролика.

ка, що дозволяє підвищити харчову цінність продуктів з їх використанням. Включення екстракту розмарину сприяло зниженню інтенсивності окислювальних процесів, а ламінарія збагатила продукт мікроелементами, такими як йод, кальцій та залізо. Органолептичні дослідження показали, що зразки з додаванням рослинних компонентів отримали найвищі оцінки за смаком, запахом, консистенцією та зовнішнім виглядом. Найкращі показники продемонстрував зразок, який містив комбінацію м'яса кролика та індички з додаванням екстракту розмарину, ламінарії і люцерни. Підсумкові дані підтвердили ефективність запропонованої рецептури, що дозволяє не лише покращити харчову цінність продукту, але й подовжити термін його придатності без залучення штучних консервантів. Стаття демонструє перспективність використання натуральних рослинних добавок у м'ясній промисловості для виробництва продуктів з покращеними властивостями, відповідно до сучасних вимог здорового харчування.

Ключові слова: м'ясні напівфабрикати, рослинні добавки, екстракт розмарину, ламінарія, люцерна, харчова цінність, антиоксиданти, органолептичні властивості.

Вступ

У сучасному виробництві ковбасних виробів, яке вирізняється великими обсягами випуску продукції та високою технологічною інтенсивністю, поряд із традиційною м'ясною сировиною все ширше застосовуються різноманітні добавки як рослинного, так і тваринного походження. Використання таких інгредієнтів дозволяє не лише зберегти звичні характеристики продукту, але й надати йому нових властивостей. Ці добавки характеризуються високою харчовою цінністю та демонструють функціональні властивості, подібні до м'язових білків. Завдяки їх застосуванню досягається покращення текстури м'ясних виробів, підвищується якість і стабільність продукції, що є важливим чинником у сучасних умовах зростаючої конкуренції на ринку харчових продуктів. Крім того, вони є економічно вигідними, оскільки їхня доступність за ціною та легкість у використанні значно полегшують технологічні процеси створення м'ясних фаршевих композицій (Pasichniy et al., 2015; Skochko et al., 2018; Bal-Prylypko et al., 2018; Novgorodska et al., 2023; Simonova et al., 2023).

Останніми роками значна увага приділяється можливостям впровадження лікарських рослин у харчову промисловість, зокрема у виробництво м'ясних продуктів. Це пов'язано із зростанням попиту на натуральні компоненти, які можуть не лише поліпшувати якість продукції, але й позитивно впливати на здоров'я споживачів. Серед найбільш поширених лікарських рослин у цій галузі можна виокремити розмарин, бобові культури та ламінарію. Ці добавки мають багатий склад, включаючи антиоксидантні й антибактеріальні властивості, що робить їх надзвичайно корисними для подовження терміну зберігання продуктів. Водночас їх використання сприяє покращенню органолептичних характеристик, таких як аромат, смак і текстура, що є ключовим для задоволення потреб сучасного споживача (Matsuk et al., 2018).

Актуальність досліджень у цій сфері зумовлена необхідністю пошуку природних компонентів, які могли б замінити штучні добавки та консерванти у ковбасних виробках. Це важливо, оскільки м'ясна продукція, особливо напівфабрикати, є основною складовою раціону багатьох споживачів. Традиційні методи виробництва ковбас часто залежать від використання хімічних речовин, які забезпечують стабільність структури та збереження продукту. Однак їх надмірне застосування може викликати занепокоєння серед споживачів, адже штучні добавки нерідко пов'язують із потенційними ризиками для здоров'я. У цьому кон-

тексті природні компоненти, такі як лікарські рослини, зокрема розмарин, ламінарія та бобові культури, стають надійною альтернативою. Вони дозволяють знизити залежність від синтетичних інгредієнтів, підвищити харчову цінність продукції, а також покращити її смакові властивості, роблячи продукт привабливішим для кінцевого споживача.

Особливої уваги заслуговує розмарин, який є потужним природним антиоксидантом і ефективно запобігає окислювальним процесам у м'ясних виробках. Його дія спрямована на збереження якості продукту навіть за умов тривалого зберігання. Ламінарія, у свою чергу, є джерелом йоду, необхідного для нормального функціонування організму, а також інших мінералів, які збагачують харчову цінність продукту. Бобові культури виступають важливим джерелом білка та амінокислот, що робить їх надзвичайно корисними для формування збалансованого раціону.

У цьому дослідженні основна увага приділяється розробці рецептур м'ясних напівфабрикатів, у яких застосування рослинних добавок з високими функціональними властивостями дозволяє не лише підвищити якість продукції, але й забезпечити її стабільність. Таким чином, використання натуральних компонентів відкриває нові перспективи у виробництві ковбасних виробів, орієнтованих на задоволення сучасних потреб споживачів, які прагнуть отримувати якісні та безпечні продукти харчування.

Мета дослідження

Представлені дослідження було проведено з метою розробити рецептуру м'ясного напівфабрикату полікомпонентного складу та високого ступеня готовності, що базується на використанні чотирьох видів м'ясної сировини в поєднанні з рослинними добавками для підвищення харчової цінності і функціональних властивостей продукту.

Матеріал і методи досліджень

У рамках роботи також ставили завдання науково-обґрунтування технології виробництва трьох різновидів м'ясних напівфабрикатів: для бургерів і бутербродів, фаршу для начинок і других страв, а також для салатів і закусок. Крім того, дослідження включало апробацію розробленої технології на виробничих потужностях та оцінку її ефективності через аналіз органолептичних характеристик продукції для підтвердження перспективності нової технології і її спроможності підвищити якість, смакові властивості й

конкурентоздатність нових м'ясних напівфабрикатів на ринку подібної продукції.

Для виготовлення напівфабрикатів використовували наступні види м'ясної сировини: індичка 2-ї категорії (обрізки філе), яловичина 2-ї категорії (обрізки), м'ясо кролика після обробки тушки, яловиче серце. Ці компоненти було вибрано через їх високу харчову цінність, а також завдяки сприятливому складу жирних кислот та білка.

Додатково до м'ясної сировини було додано такі рослинні компоненти:

- екстракт розмарину: джерело потужних антиоксидантів, зокрема карнозинової та розмаринової кислоти, що запобігають окисленню жирів у продукті.
- порошок ламінарії: джерело йоду, кальцію, магнію та інших мікроелементів, які підвищують харчову цінність продукту та підтримують метаболічні процеси в організмі.
- порошок люцерни: багатий білками, вітамінами та мінералами, зокрема кальцієм, залізом, фосфором і магнієм, що робить цей компонент важливим для збалансування амінокислотного складу напівфабрикатів.

Було проведено аналіз амінокислотного складу білків використовуваної сировини, за вмістом важливих компонентів білка (валін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін + цистин, треонін, триптофан, фенілаланін + тирозин). Також проаналізовано жирнокислотний склад кожного з компонентів, зокрема на вміст омега-3 та омега-6 жирних кислот.

Зразки м'ясних напівфабрикатів були оцінені експертною групою за органолептичними показниками, такими як зовнішній вигляд, колір, консистенція, запах і смак. Оцінювання проводилося за десятибальною шкалою, де 10 балів означали відмінну якість характеристик. Отримані дані проаналізовано за допомогою методів варіаційної статистики для визначення значущих відмінностей між зразками та перевірки гіпотез щодо впливу рослинних добавок на якість продукції.

Результати та їх обговорення

Для створення м'ясних напівфабрикатів з лікувально-профілактичними властивостями як основну сировину було обрано суміш із м'яса кролика, індички, яловичини та яловичого серця. На основі аналізу хімічного складу цих компонентів, а також додаткових рослинних складників, визначено оптимальний склад. До нього увійшли: індичка 2-ї категорії (обрізки філе), яловичина 2-ї категорії (яловичі обрізки), м'ясо кролика (після розбирання тушки) та яловиче серце. Серед додаткових інгредієнтів використано: гранульований сушений часник, сушена петрушка, кухонна сіль, цукор, ароматизатор лимона (ідентичний натуральному), екстракт розмарину, пшенична клітковина "Вітаціль", ламінарія та порошок люцерни. Усі харчові інгредієнти відповідають вимогам державної реєстрації, мають відповідні дозволи на використання та відповідають технічним умовам (ТУ).

Розмарин є цінним природним джерелом біологічно активних речовин з широким спектром корисних властивостей. Завдяки вмісту ефірних олій, карнозинової та розмаринової кислот, він виконує важливі функції як у медицині, так і у харчовій промисловості. Карнозинова кислота є жиророзчинною, а розмаринова – водорозчинною, що забезпечує їх універсальність і здатність діяти в різних системах організму. Властивості розмарину особливо цінні для стабілізації продуктів харчування, оскільки він запобігає окислювальним процесам, продовжуючи термін зберігання продуктів і зберігаючи їх якість. Розмарин стимулює місцевий імунітет, допомагає у профілактиці хвороб серцево-судинної системи, підтримує функції печінки, нирок, а також сприяє нормалізації кровообігу. Крім того, екстракт розмарину корисний для людей із низьким кров'яним тиском, оскільки активізує роботу серця та знижує прояви втоми й виснаження. Він також володіє дезінфікуючими, протизапальними та імуномодуючими характеристиками, що робить його незамінним у виробництві харчових продуктів з покращеними функціональними властивостями. У розмарині присутні щонайменше 12 видів антиоксидантів, серед яких найпотужнішим є розмаринова кислота. До складу розмарину також входять важливі мінерали, такі як залізо, магній, фосфор, калій, натрій і цинк, що додатково підвищує його харчову цінність.

Люцерна, як представник сімейства бобових, є унікальним рослинним компонентом завдяки своєму складу. Перш за все, це джерело високоякісного білка (до 12,9 %), що містить незамінну амінокислоту лізин. Люцерна багата на кальцій, магній, калій, залізо, а також вітаміни, серед яких А, В2, В6, С, D, К та інші. Завдяки високим часткам мікроелементів та біологічно активних речовин, продукт переробки люцерни нерідко розглядають як перспективну заміну тваринних білкових добавок. Біофлавоноїди білкових концентратів з люцерни, зокрема лютеолін глікозид, позитивно впливають на стан кровоносних судин, сприяючи їх зміцненню та нормалізації кров'яного тиску. Ці властивості роблять люцерну важливим компонентом у виробництві продуктів для корекції метаболічних порушень, зниження рівня холестерину та розробки рецептур низькокалорійних виробів (Nakaz, 2017).

Ламінарія, відома як морська капуста, є бурою водоростю, корисний вплив якої забезпечують присутні в ній полісахариди, білкові речовини, йод, мінеральні солі та вітаміни (Peresichnyi & Palamarek, 2016), середній вміст і співвідношення яких подано в таблиці 1.

Ламінарію давно застосовують як в медичній, так і в харчовій сферах, завдяки своїм функціонально-технологічним характеристикам (табл. 2) (Peresichnyi & Palamarek, 2016).

Особливим складником цієї водорості є альгінати, тому ламінарія ефективно впливає на поліпшення ліпідного профілю організму, сприяючи зниженню рівня холестерину та активізуючи роботу травної системи за рахунок своєї здатності вбирати вологу. Крім того, ламінарія містить фукоксантин – речовину, яка сприяє зниженню ваги та покращенню обміну речовин.

Таблиця 1

Хімічний склад, вміст мінеральних речовин та вітамінів у ламінарії

Елемент	на 100 г сухої ваги	Добова норма (мг) (чоловіки-жінки)
Волога	10,84 %	-
Зола	17,25 %	-
Жир	0,76 %	-
Протеїни	12,22 %	-
Клітковина	8,42 %	-
Вітамін С	25,52 мг	55–108 мг
Вітамін Е	11,19 мг	12–15 мг (МО, де 1 МО = 1 мг)
Сірка	1,07 мг	1,5 мг
Мідь	9,34 мг	1–2 мг
Хлор	10,56 мг	36,6 мг
Калій	6,85 мг	110 мг
Магній	1,26 мг	500–400 мг
Кремній	0,51 мг	0,01 мг
Фосфор	0,41 мг	1200 мг
Йод	0,25 мг	0,15 мг
Кальцій	0,22 мг	1100–1200 мг
Залізо	0,12 мг	15 мг
Цинк	0,002 мг	12–15 мг
Ванадій	0,0016 мг	0,01 мг
Марганець	0,001 мг	2,0 мг
Нікель	до 0,00017 мг	0,005 мг
Кобальт	<0,00016 мг	до 2,5 мг
Молібден	0,000096 мг	0,070–0,025 мг

Таким чином, синергія властивостей розмарину, люцерни та ламінарії створює передумови для підвищення харчової та біологічної цінності, а також пок-

ращення органолептичних характеристик продуктів з їх вмістом. Застосування цих рослинних компонентів у виробництві м'ясних напівфабрикатів – перспективний напрям досліджень, одночасно спрямованих на захист продуктів від окислювального псування, подовження термінів їх придатності та формування відповідного рівня функціональних властивостей м'ясних виробів, орієнтованих на підтримку здоров'я споживачів.

Таблиця 2

Функціонально-технологічні властивості ламінарії (n = 3, V < 10)

Показник	Значення
Водопоглинальна здатність, %	146
Жиропоглинальна здатність, %	109
Ступінь набухання, %	682
Індекс розчинності, см ³	9
Концентрація водневих іонів	7,14
Емульгувальна здатність, г жиру на 1 г ламінарії	90

Сировину, використану для приготування дослідних зразків м'ясних напівфабрикатів, оцінювали за амінокислотним (АК) і жирнокислотним (ЖК) складом, масовою часткою білка, його повноцінністю. АК склад білків використаної сировини рослинного та тваринного походження, подані в [таблицях 3 і 4](#), отримано розрахунковим способом на основі даних літератури ([Fedoriv et al., 2022](#); [Kotsiubenko, 2023](#); [Planeta-tepla, 2023](#)).

Таблиця 3

Амінокислотний склад білків м'ясної сировини, використаної для приготування дослідних зразків напівфабрикатів, г/100г ідеального білка

Показник	Еталон ФАО/ВООЗ	Індичка	Яловичина	Серце яловиче	Кролик
Масова частка білка, %	–	21,60	20,00	16,00	33,4
Валін	5.00	4.71	5.50	5.69	4.10
Ізолейцин	4.00	4.76	4.31	5.24	4.00
Лейцин	7.00	8.42	8.29	8.80	7.90
Лізин	5.50	8.94	8.36	8.49	10.30
Метіонін + цистин	3.50	3.06	4.01	4.07	2.50
Треонін	4.00	4.45	4.30	4.63	4.40
Триптофан	1.00	1.64	1.14	1.39	1.62
Фенілаланін + тирозин	6.00	7.23	7.51	7.33	5.20
Сума незамінних амінокислот	36,0	43,21	43,41	45,63	40,2

Таблиця 4

Вміст незамінних амінокислот у рослинних компонентах, використаних для приготування дослідних зразків напівфабрикатів, г/100 г ідеального білка

Показник	Еталон ФАО/ВООЗ	Часник гранульований сушений	Петрушка сушена
Масова частка білка, %		16.55	26.63
Валін	5.00	4.05	7.59
Ізолейцин	4.00	2.48	5.81
Лейцин	7.00	4.41	10.49
Лізин	5.50	4.65	7.88
Метіонін + цистин	3.50	0.66	2.24
Треонін	4.00	2.24	4.48
Триптофан	1.00	0.73	1.78
Фенілаланін + тирозин	6.00	3.20	6.43
Сума незамінних амінокислот	36,00	22,42	46,70

Спираючись на аналітичні дані про хімічний склад сировини (Fedosov et al., 2017), основними компонентами рецептури обрано м'ясо індички та м'ясо кролика, що зумовлено низьким вмістом ненасиченого жиру (75 мг холестерину в 100 г м'яса), легкозасвоюваністю (білок засвоюється на 95 %), вмістом повної денної норми омега-3 ненасичених жирних кислот, які стимулюють роботу серця і підвищують активність головного мозку, не викликаючи алергічних реакцій організму. Як м'ясо індички 2 кат. використовували червоне м'ясо (обрізки з м'язів гомілки та стегна) через вищі значення рН у порівнянні з білим м'ясом, що підтверджує доцільність комбінування даної сировини з іншими м'ясними компонентами.

Аналіз даних жирнокислотного складу жиру м'яса індички (Planeta-tepla, 2023) свідчить про його низьку хімічну стійкість через значний вміст у ньому ненасичених жирних кислот (70,8 %), що зумовлює необхідність передбачення використання антиокисників при складанні рецептури продукту.

Білки кролятини легко засвоюються організмом (на 96 %). Кролячий жир має білий колір та щільну консистенцію, містить малу кількість ненасиченого жиру (0,04 мг холестерину в 100 г м'яса), у відгодіваних кроликів у тушці його міститься 400–500 г. Внутрішньом'язовий жир відрізняється від внутрішнього та підшкірного нижчим вмістом лінолевої та ліноленової жирних кислот, але в ньому більше дефіцитної арахідонової кислоти (Kotsiubenko, 2023).

Ліпідний склад м'яса кроликів характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот: лінолевої, ліноленової, арахідонової. При цьому важливо відзначити, що вміст холестерину в кролятині значно нижчий, ніж у м'ясі інших тварин, що дозволяє використовувати його для виготовлення страв дієтичного та лікувально-профілактичного харчування.

Підвищений вміст мінеральних речовин у м'ясі кроликів зумовлений наявністю досить великих кількостей магнію та фосфору (табл. 5). Високий вміст цих елементів, а також заліза і йоду забезпечують високу біологічну цінність кролятини.

Таблиця 5

Порівняльний мінеральний склад м'яса кролика

Показники	Кількість
Макроелементи, мг/100 г	
Магній	25,0
Натрій	57,0
Сірка	225,0
Фосфор	210,0
Хлор	79,5
Кальцій	19,5
Мікроелементи, мкг/100 г	
Залізо	3300,0
Йод	5,0
Кобальт	16,2
Марганець	13,0
Мідь	130,0
Молібден	4,5
Фтор	73,0
Хром	8,5
Цинк	2310,0

Аналіз складу вихідної сировини, дозволив виявити невеликий дефіцит незамінних амінокислот валіну і метіоніну в м'ясі індички. Багатими за вмістом валіну є яловичина, серце яловиче, кролятина та сушена петрушка. У вищезгаданій м'ясній сировині, а також в ламінарії та екстракті розмарину міститься більша сумарна кількість метіоніну і цистину (метіонін + цистин), тому включення даних інгредієнтів у рецептуру напівфабрикатів дозволило скоригувати нестачу відповідних амінокислот у продукті.

В якості рослинних інгредієнтів при розробці рецептури нового виду напівфабрикату в оболонці використовували екстракт розмарину, порошок ламінарії та порошок люцерни, як природні антиоксиданти, що запобігають розвитку процесів окисного псування в продуктах.

Основними технологіями харчової промисловості, де активно застосовуються натуральні антиоксиданти, передусім є ті, що стосуються виготовлення жирів і олій, жировмісних продуктів харчування, чутливих до згіршення, соусів, м'ясних і рибних харчових виробів тощо. Один із способів запобігти їх окисненню та псуванню передбачає залучення спецій, які можна використовувати у рідкому чи порошковому вигляді, вносячи на відповідних етапах виробництва готової продукції, враховуючи відповідні технологічні особливості.

Екстракт розмарину – масляниста рідина, з яскраво вираженим запахом, темно-жовтого кольору. Рекомендоване дозування екстракту розмарину як антиоксиданту насичених жирів не перевищує 0,05 %, як антиоксидант у ненасичених жирах його використовують в кількості від 0,1 до 0,2 %. Для досягнення максимальної ефективності дії екстракт розмарину необхідно вносити на завершальних стадіях приготування продукту (Yevroimpeks, 2019).

Для проведення досліджень готували чотири зразки м'ясних напівфабрикатів згідно рецептур фаршевих композицій, склад яких подано в таблиці 6.

З урахуванням значень збалансованості амінокислотний склад білків для рецептурних композицій напівфабрикатів становив: м'ясний напівфабрикат, виготовлений за рецептурою № 1 – 0,93; № 2 – 0,86; № 3 – 0,88; № 4 – 0,87.

За результатами проведення органолептичної оцінки експериментальних зразків м'ясних напівфабрикатів (табл. 7) встановлено, що найкращими показниками характеризується фаршева композиція, виготовлена згідно рецептури № 3. Оцінювали напівфабрикати за 10-бальною шкалою.

Для оптимізації процесу виробництва готових виробів до складу досліджуваного напівфабрикату додатково вводили покращувачі для м'ясних продуктів відповідно до рецептури, поданої в таблиці 8, зокрема PROMASOL SMART U (від виробника Promar, Польща) – спеціально розроблений інноваційний препарат, що ефективно забезпечує приріст маси сировини до 60 %.

Для формування м'ясних напівфабрикатів пропонується додавання пшеничної клітковини "Вітацель" у кількості до 0,3 %. Для забезпечення привабливого зовнішнього вигляду виробів рекомендовано використання харчової добавки Рондагам МП 10, яка засто-

совується для виготовлення імітаційного шпику. Оптимальна витрата суміші для формування імітаційного шпику становить до 1 %. Перевищення зазначених дозувань призводить до погіршення консистенції, смаку, соковитості та зовнішнього вигляду фаршевої суміші.

Результати органолептичної оцінки фаршевих композиційних сумішей, встановлені за 10-ти бальною шкалою модельних варених фаршевих зразків, показали, що додавання соєвого ізоляту в кількості не більше 0,4 % маси м'ясної системи не викликає погіршення кольору, запаху та смаку в порівнянні з контрольним зразком, дозволяє покращити консистенцію, підвищити соковитість готового продукту.

Таблиця 6

Вміст сировини в рецептурах фаршевих композицій високого ступеня готовності, %

Рецептурний компонент	№ рецептури			
	1	2	3	4
Індичка 2 кат.	40,9	50,3	40,2	40,0
Яловичина 2 кат.	19,7	12,1	14,5	12,0
М'ясо кроля	21,7	24,2	26,0	12,2
Серце яловиче	16,4	12,1	18,0	34,5
Часник сушений гранульований	0,4	0,4	0,4	0,4
Порошок ламінарії	0,2	0,2	0,2	0,2
Петрушка сушена	0,2	0,2	0,2	0,2
Екстракт розмарину	0,01	0,01	0,01	0,01
Порошок люцерни	0,01	0,01	0,01	0,01

Таблиця 7

Органолептична оцінка фаршевих сумішей

№ зразка	Показники якості, кількість балів					
	Зовнішній вигляд	Колір	Консистенція	Запах	Смак	Загальна оцінка
1	7	6	6	8	8	7
2	8	7	7	7	8	7,4
3	10	9	8	8	10	9
4	6	6	7	6	6	6,2

Таблиця 8

Рецептурний склад фаршевих композиційних сумішей високого ступеня готовності, кг на 100 кг

Компонент	Вміст
М'ясо-рослинна фаршева система (рецептура № 3, таблиця 6)	82,3
Функціональна багатокомпонентна харчова добавка PROMASOL SMART U	1,3
Харчова добавка Рондагам МП 10	1,0
Соєвий ізолят	0,4
Консервант	0,2
Сіль кухонна харчова	1,0
Клітковина пшенична "Вітацель"	0,3
Вода	13,5

Встановлено, що додавання консерванту в кількості 0,2% дозволяє забезпечити необхідний рівень мікробіологічної безпеки готового продукту. Така концентрація є ефективною для фаршевих композиційних сумішей, оскільки при її використанні кількість мікробних клітин не перевищує допустимого рівня – $1 \cdot 10^4$ клітин на 1 г продукту. Дослідження також підтвердили відсутність у готових зразках патогенних мікроорганізмів, таких як сальмонела, кишкова паличка та сульфатредукуючі клостридії. Таким чином, зазначене дозування консерванту забезпечує не лише безпечність, але й стабільну якість продукції.

Висновки

На основі вивчення хімічного складу та функціонально-технологічних властивостей сировини й компонентів обґрунтовано вибір м'ясної сировини (м'ясо кролика, індичка 2-ї категорії, яловичина 2-ї категорії, серце яловиче), рослинних інгредієнтів (порошок ламінарії, порошок люцерни, екстракт розмарину, часник гранульований, сушена петрушка) та харчових добавок для виробництва м'ясних напівфабрикатів. Це дозволяє рекомендувати розроблені рецептури для дієтичного та лікувально-профілактичного харчування.

Результати аналізу показали, що включення рослинних компонентів, таких як порошок люцерни та ламінарії, сприяє збалансуванню амінокислотного складу кінцевих продуктів, зокрема за метіоніном і цистином, які були недостатньо представлені у складі м'яса індички. М'ясо індички та кролика є джерелами поліненасичених жирних кислот, зокрема омега-3 та омега-6, які позитивно впливають на метаболічні процеси та сприяють підтримці здоров'я серцево-судинної системи. Однак високий вміст ненасичених жирів потребує додавання антиоксидантів для запобігання окислювальним процесам. Органолептичні дослідження виявили, що найкращі показники продемонстрували зразки з додаванням екстракту розмарину та порошку ламінарії.

Використання рослинних компонентів, таких як екстракт розмарину, порошок ламінарії та люцерни,

покращує якість м'ясних напівфабрикатів. Це підтверджується їх високими органолептичними та харчовими показниками. Такі добавки забезпечують стабільність продукту, знижують рівень окислення жирів і дозволяють продовжити термін зберігання без застосування штучних консервантів. Отримані результати свідчать про можливість промислового виробництва м'ясних напівфабрикатів із включенням рослинних компонентів. Їх використання відповідає сучасним підходам до здорового харчування, дозволяючи створювати продукти з підвищеною біологічною цінністю, які можуть сприяти корекції метаболічних порушень, покращенню роботи серцево-судинної системи та підтримці імунітету.

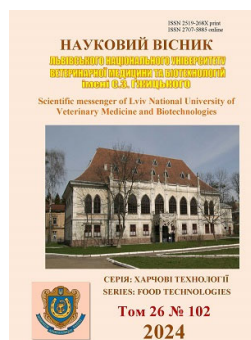
Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку нових рецептур з додаванням інших рослинних інгредієнтів, що дозволить розширити асортимент продуктів дієтичного та лікувально-профілактичного призначення. Таким чином, застосування рослинних компонентів у виробництві м'ясних напівфабрикатів є перспективним напрямом розвитку харчової промисловості. Це не лише сприяє покращенню споживчих властивостей продукції, а й відповідає сучасним вимогам до безпечності та якості харчових продуктів, задовольняючи потреби споживачів у здоровому харчуванні.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Bal-Prylypko, L., Leonova, B., Starkova, E., & Paska, M. (2018). Production of meat dries snacks: prospects and competitiveness. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Series: Food Technologies, 20(90), 79–83. DOI: 10.32718/nvlvet9016.
- Fedoriv, V., Prylipko, T., & Kostash, V. (2022). Aminokislотної склад mjasnoi sirovini za trivalogo holodilnogo zberiganna. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, 4, 82–87. DOI: 10.32851/tnv-tech.2022.4.10 (in Ukrainian).
- Fedosov, A. I., Kyslychenko, V. S., & Novosel, O. M. (2017). Vyznachennia yakisnoho skladu ta kilkisnoho vmistu aminokyslot u chasnyku tsybulynakh i lysti. *Medychna ta klinichna khimii*, 19(3), 42–47. DOI: 10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i3.8193 (in Ukrainian).
- Kotsiubenko, H. A. (2023). Biokhimichni sklad tushok kroliv, vyroshchennykh za riznymi tekhnolohiiamy. *Rabbit breeding business*. URL: <https://www.kproliki.com.ua/eko-krolik/b> (in Ukrainian).
- Matsuk, Y., Marchenko, I., & Pasichnyi, V. (2018). Research of functional and technological properties of minced meat products with using fish raw materials. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Series: Food Technologies, 20(90), 22–26. DOI: 10.32718/nvlvet9005.
- Novgorodska, N., Bernyk, I., Razanova, O., & Savinok, O. (2023). Sliced semi-finished products with vegetable raw materials. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Series: Food Technologies, 25(100), 14–19. DOI: 10.32718/nvlvet-f10003.
- Pasichniy, V., Strashynskyi, I., Fursik, O., Vikhot, K., & Anisimova, A. (2015). The properties of hydrated functional food compositions for meat systems. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Series: Food Technologies, 17(1), 88–92. URL: <https://nvlvet.com.ua/index.php/food/article/view/3293>.
- Peresichnyi, M. I., & Palamarek, K. V. (2016). Funktsionalno-tekhnolohichni vlastyvy yodovmisnoi syrovyny ta ekstraktu inaktyvovanykh drizhdzhiv. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky*, 16, 63–68. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech/article/view/385> (in Ukrainian).
- Planeta-tepla (2023). Tlumachnyi hid po zhyttiu. *Indiushatyna: koryst ta shkola, khimichni sklad miasa indykiv, kaloriinist ta kharchova tsinnist indychaty*. URL: <https://planeta-tepla.com.ua/indyushatyna-korist-ta-shkola-ximichnij-sklad-myasa-indykiv-kaloriinist-ta-kharchova-tsinnist-indychaty> (in Ukrainian).
- Pro zatverdzhennia Norm fiziolohichnykh potreb naselennia Ukrainy v osnovnykh kharchovykh rechovykh i enerhii, Nakaz vid 03.09.2017 № 1073. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text> (in Ukrainian).
- Simonova, I., Halukh, B., Drachuk, U., & Basarab, I. (2023). Improvement of poultry meat marinated semi-finished product technology. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Series: Food Technologies, 25(99), 61–68. DOI: 10.32718/nvlvet-f9911.
- Skochko, O., Shevchenko, I., Polichuk, G., & Paska, M. (2018). The estimation of effects of food crioprotectors on quality indicators of semi-fragrances. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Series: Food Technologies, 20(90), 27–31. DOI: 10.32718/nvlvet9006.
- Yevroimpeks (2019). Novitni rozrobky dlia zberezhenia svizhosti ta smaku. URL: <https://euroimpex.net.ua/uk/novitni-rozrobki-dlya-zberezheniya-svizhosti-ta-smaku> (in Ukrainian).



**Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології**

**Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies**

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10210
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 664:637.146.31:664.765

Features of yogurt technology with germinated grains

I. V. Skulska¹✉, O. Y. Tsisaryk¹, R. Yu. Kishai¹, O.M. Horobets², Yu. V. Levchenko³

¹Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, Lviv, Ukraine

²Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine

³Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Article info

Received 01.08.2024

Received in revised form

02.09.2024

Accepted 03.09.2024

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska str., 50, Lviv, Ukraine.
Tel.: +38-097-854-61-38
E-mail: inna_skulska@ukr.net

Poltava University of Economics
and Trade, I. Banka str. 3, Poltava,
Ukraine.

Poltava State Agrarian University,
Skovorody str. 1/3, Poltava,
Ukraine.

Skulska, I. V., Tsisaryk, O. Y., Kishai, R. Yu., Horobets, O. M., & Levchenko, Yu. V. (2024). Features of yogurt technology with germinated grains. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 67–71. doi: 10.32718/nvlvet-f10210

Among the wide assortment of dairy products, a special role is played by high-protein fermented milk products – yogurts, the production and assortment of which must be significantly increased. It is yogurts that are in great demand among the population as a light, complete snack, and they have long since become components of various dishes. Therefore, we consider it expedient to expand the range of such a necessary fermented milk product as yogurt by adding sprouted cereal grains to its composition, as the need to consume nutritionally complete products is growing and there is a need to create dairy products with a new, improved composition. The work presents the technology of making yogurt using germinated grains of cereal crops of the “CHOICE” company. Yogurt is made according to the classical technology, the bacterial preparation YoFlex Creamy 2.0 and Premium 2.0 was used for the fermentation of the normalized mixture. 4 samples of yogurt were obtained: Control, sample 1 – using an additive in the amount of 3 %, sample 2 – using an additive in the amount of 6 %, sample 3 – using an additive in the amount of 10 %. A study of dairy raw materials for compliance with the requirements of current regulatory documentation was carried out, as well as a study of the finished product – yogurt with sprouted cereal grains for compliance of organoleptic, physico-chemical and microbiological indicators with the requirements of the Standard. The titrated acidity in milk was determined according to DSTU 3624-92 “Milk and dairy products. Titrimetric methods of determining acidity”. The active acidity of milk and yogurt was measured with an electronic pH meter “Muttler Toledo MP220” and according to GOST 19881-74 “Potentiometric analyzers for controlling the pH of milk and products. General technical conditions”. Organoleptic indicators were determined according to DSTU 3662: 2018 “Cow's milk. Procurement requirements”. Determination of protein, lactose, mass fraction of fat and density of milk was carried out on the “Ecomilk” device. The general rules of sampling were carried out according to DSTU IDF 117B:2003. Acidity, as well as organoleptic indicators and safety indicators were controlled in the finished product. It was established that the optimal percentage of the use of sprouted grains is 6 %, because such a percentage has a positive effect on the formation of the taste and aroma of yogurt, which is very important for the consumer. We recommend consuming yogurt within 12–14 days, as yogurt loses its qualities and safety characteristics in the future.

Key words: technology, yogurt, fermenting cultures of direct application, germinated grains, cereals.

Особливості технології йогурту з пророщеними зернами

І. В. Скульська¹✉, О. Й. Цісарик¹, Р. Ю. Кішай¹, О. М. Горобець², Ю. В. Левченко³

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

²Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава, Україна

³Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Серед широкого асортименту молочних продуктів особливу роль відіграють кисломолочні високобілкові продукти – йогурти, виробництво та асортимент яких необхідно суттєво збільшити. Саме йогурти користуються великим попитом у населення як легкий повноцінний перекус, а також вони вже досить давно стали компонентами різноманітних страв. Тому вважаємо доцільним розширити асортимент такого необхідного кисломолочного продукту, як йогурт, додавши до його складу пророслені зерна злаків, оскільки зростає потреба у споживанні повноцінних у нутрієнтному співвідношенні продуктів і з'являється необхідність створювати молочні продукти з новим удосконаленим складом. У роботі представлено технологію виготовлення йогурту з використанням пророслених зерен злакових культур фірми "CHOICE". Виготовлено йогурт за класичною технологією, для ферментації нормалізованої суміші використано бактеріальний препарат YoFlex Creatu 2.0 та Premium 2.0. Отримано 4 зразки йогурту: Контроль, зразок 1 – з використанням добавки у кількості 3 %, зразок 2 – з використанням добавки у кількості 6 %, зразок 3 – з використанням добавки у кількості 10 %. Здійснено дослідження молочної сировини на відповідність вимогам діючої нормативної документації, а також дослідження готового продукту – йогурту з проросленими зернами злаків на відповідність органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників вимогам Стандарту. Титровану кислотність у молоці визначали за ДСТУ 3624-92 "Молоко та молочні продукти. Титриметричні методи визначення кислотності". Активну кислотність молока та йогурту вимірювали електронним рН-метром "Mettler Toledo MP220" та згідно ГОСТ 19881-74 "Потенціометричні аналізатори для контролю рН молока та продуктів. Загальні технічні умови". Органолептичні показники визначали згідно ДСТУ 3662: 2018 "Молоко коров'яче. Вимоги щодо закупівлі". Визначення білка, лактози, масової частки жиру та густину молока проводили на приладі "Ecomilk". Загальні правила відбору проб проводилися згідно ДСТУ IDF 117B:2003. У готовому продукті контролювали кислотності, а також органолептичні показники та показники безпечності. Встановлено, що оптимальним відсотком використання пророслених зерен є 6 %, тому що такий відсоток позитивно вплинув на формування смаку та аромату йогурту, що є дуже важливим для споживача. Рекомендуємо споживання йогурту протягом 12–14 днів, оскільки у подальшому йогурт втрачає свої якості та безпекові характеристики.

Ключові слова: технологія, йогурт, заквашувальні культури прямого внесення, пророслені зерна, злакові культури.

Вступ

Серед широкого асортименту молочних продуктів особливу роль відіграють кисломолочні високобілкові продукти – йогурти, виробництво та асортимент яких необхідно суттєво збільшити (Sukhorska et al., 2017; Musiy et al., 2020; Ovsienko et al., 2023). Саме йогурти користуються великим попитом у населення, оскільки вони вже досить давно стали компонентами різноманітних страв (Polishchuk et al., 2013; 2020). Слід відзначити, що йогурт за своєю популярністю майже не поступається сиру, а за харчовою цінністю таким продуктам як м'ясо, риба, яйця. Популярність йогуртів пояснюється їх високою біологічною і харчовою цінністю (Zozulia & Simonov, 2018; Nachak et al., 2021). Високий вміст кальцію і широка гама мікроорганізмів, що полегшує травлення, легкозасвоювана форма молочного жиру, приємний смаковий букет – все це підтверджує хороші властивості йогуртів (Hrek et al., 2015; Hrek & Krasulia, 2017; Slyvka et al., 2023). Тому вважаємо доцільним розширити асортимент такого необхідного кисломолочного продукту, як йогурт, додавши до його складу пророслені зерна злаків, оскільки зростає потреба у споживанні повноцінних у нутрієнтному співвідношенні продуктів і з'являється необхідність створювати молочні продукти з новим удосконаленим складом (Tsaryk et al., 2006; Tsaryk et al., 2015; Telychkun et al., 2017; Prylipko et al., 2020; Holovko et al., 2021). Ми вирішили створити кисломолочний продукт – йогурт з додаванням пророслених зерен злакових культур, використавши продукцію ТМ "CHOICE". Важливим аспектом використання фітокомплексів CHOICE є відсутність шкідливих побічних ефектів, які часто властиві синтетичним препаратам. Це робить їх безпечними для довготривалого використання а також вони підходять людям різного віку. Розглядаючи їх як альтернативу синтетичним препаратам, ми отримуємо можливість зберігати та покращувати своє здоров'я без страху негативних наслідків. Пророслі зерна пшениці в порівнянні з іншими злаками (вівса, кукурудзи), багаті на

вміст вітамінів А, С, Е. Вони корисні для онкологічних хворих; людей, схильних до застудних захворювань (туберкульоз, бронхіти); дітей з хворими на легені, схильних до рахіту, дистрофії, а також ефективні при лікуванні виразки шлунка та дванадцятипалої кишки, екземи та інших захворювань. Вітамінна активність пророслого зерна кукурудзи набагато вища, ніж у інших зернових. Особливо важливо, що пророслі зерна кукурудзи містять високу кількість вітамінів групи В, а також вітаміну Е. Відмінною рисою пророслих зерен кукурудзи є високий вміст факторів, що впливають на поділ клітин, а також рослинних андрогенів та естрогенів (які підвищують фізичну працездатність, стимулюють проблеми жіночих та чоловічих статевих органів). Пророслі зерна вівса за вмістом макро- та мікроелементів займають перше місце серед злакових культур. Серед них відзначено високий вміст калію, кальцію, магнію, заліза, міді, цинку. Пророслі зерна ячменю цінні тим, що в них превалюють низькомолекулярні білкові речовини, багаті на активні ферменти (амілаза, протеаза, пероксидаза), а за вмістом макро- і мікроелементів ячмінь займає лідируюче місце серед злакових культур. Білок, який входить до складу пророслих зерен пшениці, вівса, кукурудзи та ячменю містить усі незамінні амінокислоти (до 30 % від загального вмісту білка), які є регулятором обмінних процесів в організмі, відіграючи важливу роль у профілактиці ожиріння, атеросклерозу, цукрового діабету інших захворювань.

Мета дослідження

Метою нашої роботи є розроблення технології йогурту з додаванням добавки – пророслого зерна злаків: пшениці, кукурудзи, вівса та ячменю. Ця добавка є додатковим джерелом харчових поживних речовин, що дозволить покращити енергетичну цінність та біологічну роль йогурту.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження були проведені у навчальній лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології імені С. З. Гжицького.

На переробку приймали молоко жирністю 3,4 %, яке відповідає вимогам ДСТУ 3662-2018 “Молоко коров'яче. Вимоги при заготівлі”. На першому етапі виготовляли йогурт за класичною технологією, для цього використали бактеріальний препарат YoFlex Creamy 2.0 та Premium 2.0. Зразки для досліджень: Контроль – класичний йогурт; Зразок 1 – 3 % пророщених зерен; Зразок 2 – 6 % пророщених зерен; Зразок 3 – 10 % пророщених зерен. Заквашувальні культури YoFlex Creamy 2.0 (Chr.Hansen) та YoFlex Premium 2.0 (Chr.Hansen) вносилися у підготовлену нормалізовану суміш у співвідношенні 1:1.

Для виконання роботи використано загальноприйняті методи дослідження молока і готового продукту: органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні.

Згідно ДСТУ ISO 707-2002 (ISO 707:1997. IDT) “Молоко та молочні продукти. Настанови з відбирання проб” відбиралися проби молока для аналізів. Молоко для аналізів підготовляли згідно з ДСТУ 4834:2007 “Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролювання”. Титровану кислотність у молоці визначали за ДСТУ 3624-92 “Молоко та молочні продукти. Титрометричні методи визначення кислотності”. Активну кислотність молока вимірювали електронним рН-метром “Muttler Toledo MP220” та згідно ГОСТ 19881-74 “Потенціометричні аналізатори для контролю рН молока та продуктів. Загальні технічні умови”. Органолептичні показники визначали згідно ДСТУ 3662: 2018 “Молоко коров'яче. Вимоги щодо закупівлі. Визначення білка, лактози, масової частки жиру та густину молока проводили на приладі “Ecomilk”. Загальні правила відбору проб проводилися згідно ДСТУ IDF 117B:2003. Органолептичні дослідження проводилися дегустаційною комісією кафедри технології молока і молочних продуктів: консистенцію, колір, смак та запах молока досліджували органолептично; консистенцію визначали шляхом повільного переливання молока з одного циліндра в інший; при хорошому денному освітленні визначали колір молока; запах та смак молока визначали при кімнатній температурі шляхом переливання рідини з однієї посудини в іншу та короткими переривчастими вдиханнями носовою порожниною (такий метод вважається правильним).

Результати та їх обговорення

Йогурт з пророщеними зернами злакових культур було виготовлено у відповідності до вимог ДСТУ 4343:2004 “Йогурт. Загальні технічні умови”. Для цього нами було використано коров'яче молоко вищого гатунку густиною 31 °А, активна кислотність становила 6,8 од. рН, титрована кислотність 16 °Т. Масова частка жиру – 3,4 %, масова частка білку – 3,0 %, масова частка лактози – 4,8 %. Органолептичні

властивості молока-сировини характеризувалися добрими показниками: смак та запах, консистенція та зовнішній вигляд були властиві свіжому молоку, без пластівців казеїну. Всі вище перераховані показники відповідали вимогам ДСТУ 3662 – 2018. Вміст консервуючих та інгібуючих речовин у молоці – неприпустимий. Йогурт виготовляли резервуарним способом. Молоко коров'яче охолоджене кислотністю 16 °Т нормалізували знежиреним молоком масової частки жиру 0,05 % до жирності суміші – 2,5 %. Згідно складеної рецептури для виготовлення 1000 кг йогурту нам знадобилось 800 кг молока незбираного та 200 кг молока знежиреного (таблиця 1).

Таблиця 1

Рецептура для нормалізованої суміші йогурту з м.ч.ж 2,5%

Назва складника	Кількість, кг
Молоко коров'яче незбиране з м.ч.ж. 3,4%	800
Молоко коров'яче знежирене з м.ч.ж. 0,05 %	200
Всього	1000

Нормалізовану суміш пастеризували за температури 93 ± 2 °С з витримкою 30 с, охолодили до температури заквашування +37 °С. Заквашену суміш перемішували 12 хв, щоб забезпечити рівномірний розподіл закваски по всій масі молока. Після цього додавали наповнювач. Використано пророщені зерна фірми “CHOICE” у вигляді порошку. Протягом ферментації щогодини контролювали активну кислотність до досягнення значення 4,6 од. рН та 90 °Т. Скважування суміші відбувалося 6 год. Процес сквашування представлений результатами у таблиці 2.

Таблиця 2

Зміна кислотності йогурту під час сквашування

Тривалість сквашування, год.	Активна кислотність, од.рН			
	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
0		6,8		
1	6,8	6,8	6,7	6,7
2	6,4	6,4	6,3	6,2
3	5,7	5,6	5,3	5,4
4	5,3	5,1	5,0	4,9
5	4,9	4,7	4,6	4,6
6, завершення процесу сквашування	4,6	4,4	4,2	4,2

Готовий йогурт охолоджували до температури 6 ± 2 °С та проводили його органолептичну оцінку (таблиця 3). Всі показники йогурту відповідали стандарту ДСТУ 4343:2004 “Йогурти. Загальні технічні умови”.

Готові до зберігання зразки йогурту поставили у холодильник для зберігання та подальших досліджень. Мікробіологічні показники зразків йогурту до кінця терміну зберігання відповідали нормам та характеризувалися відсутністю патогенної мікрофлори. Це свідчить про те, що процес виготовлення зразків йогурту з додаванням пророщених зерен злаків прохо-

див у відповідності з санітарними та технологічними вимогами (таблиця 4).

Дослідження виготовлених зразків йогурту здійснювали періодично на 5, 10, 15 та 21 добу. Зміни кислотності представлені у таблиці 5.

Протягом 21 доби зберігання ми спостерігали поступове наростання кислотності. На 17 добу на повер-

хні йогурту почала з'являтися пліснява і появився неприємний гіркий запах, який віддалено нагадував дріжджі, бродіння. Консистенція не змінювалася, за виключенням появи жовтуватої скоринки. Смак – не досліджували. Результати органолептичної оцінки на 21 добу зберігання представлено у таблиці 6.

Таблиця 3

Органолептичні показники йогурту

Показник	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Консистенція	Дуже густа, спостерігається виділення сироватки	Густа, тягуча, сироватки мало	Густа, тягуча, сироватки мало	Дуже густа, тягуча, сироватки мало
Колір	Білий, злегка кремовий	Білий, з видимими вкрапленнями порошку пророщених зерен	Білий, зі значною кількістю добавки	Білий, з великою кількістю добавки
Запах	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків	Чистий, кисломолочний, хлібний	Чистий, кисломолочний, хлібний	Чистий, кисломолочний, з запахом свіжої випічки
Смак	Вершковий, кислий, характерний свіжому йогурту без наповнювачів і цукру	Вершковий, кисломолочний, з легким присмаком хліба	Вершковий, кисломолочний, з добре вираженим присмаком хліба	Кисломолочний, вершковий, відчувається багато хлібної добавки
Активна кислотність (pH)	4,6	4,4	4,2	4,2
Титрована кислотність	90 °T	94 °T	96 °T	96 °T

Таблиця 4

Мікробіологічні показники йогурту з пророщеними зернами

Зразок	Показник					
	Кількість МБК, КУО 1 см ³	БГКП, в 0,1 см ³	Патогенні м/о, в т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> в 25 см ³	<i>St. aureus</i> , в 1 см ³	Плісневі гриби, КУО в 1 см ³ , не більше, ніж 50	Дріжджі, КУО в 1 см ³ , не більше, ніж 50
Контроль	10 ⁸	відсутні	відсутні	відсутні	4	2
Зразок 1	10 ⁸	відсутні	відсутні	відсутні	4	2
Зразок 2	10 ⁸	відсутні	відсутні	відсутні	4	2
Зразок 3	10 ⁸	відсутні	відсутні	відсутні	4	4

Таблиця 5

Зміни кислотності йогурту з пророщеними зернами злаків упродовж зберігання

Доба	Зразки йогурту			
	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Титрована кислотність				
5	97 °T	111 °T	118 °T	119 °T
10	107	124	131	130
15	120	129	138	142
21	128	134	144	153

Таблиця 6

Органолептичні показники йогурту на 21 добу зберігання

Показник	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Консистенція	Дуже густа, спостерігається виділення сироватки	Густа, тягуча, сироватки мало	Густа, тягуча, сироватки мало	Дуже густа, тягуча, сироватки мало
Колір	Білий, з жовтим відтінком і кіркою	Білий, з жовтою кіркою, з видимими вкрапленнями порошку пророщених зерен	Білий, з жовтою кіркою, зі значною кількістю добавки	Білий, з жовтою кіркою, з великою кількістю добавки
Запах	Кислий	Кислий, дріжджовий	Кислий, прогірклий	Гіркий, дріжджовий
Смак	Не досліджувався			

Робимо висновок, що на 21 добу, йогурт натуральний, який ми виготовляли без консервантів та стабілізаторів, з доданим додатково порошком пророщених зерен злаків, який є додатковим джерелом вуглеводів, не відповідає нормам безпеки. Тому рекомендуємо термін зберігання йогурту – 12-14 діб.

Висновки

Розроблено технологію виготовлення йогурту з додаванням пророщених зерен злакових культур: пшениця, кукурудза, ячмінь, овес. Виготовлено 4 зразки йогурту: Контроль – традиційний йогурт без наповнювача; Зразок 1 – 3 % добавки; Зразок 2 – 6 % добавки; Зразок 3 – 10 % добавки. Дослідні зразки характеризувалися відповідністю вимогам діючої нормативної документації по органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показниках. Термін зберігання рекомендуємо 12–14 діб, оскільки в подальшому йогурт втрачає свої безпекові та органолептичні показники. Це пояснюється відсутністю консервантів і стабілізаторів у технології нового йогурту, що є дуже важливим показником. За результатами органолептичної оцінки кількість добавки, яку варто використовувати у технології – 6 %. Вибір добавки, на нашу думку, був чудовим рішенням, оскільки завдяки користі пророщених зерен злакових культур ми завдячуємо збагаченню йогурту ферментами, вітамінами, мінеральними речовинами, що додатково позначається на користі продукту. Завдяки цьому ми розширюємо асортимент кисломолочних продуктів в Україні.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

Hachak, Y., Nahovska, V., & Guttyj, B. (2021). The use of cryopowder from seafood in the technology of thermostatic yogurt for therapeutic and prophylactic purposes. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 23(95), 83–90. DOI: 10.32718/nvlvet-f9514.

Holovko, M. P., Vlasenko, I. H., Holovko, T. M., & Semko, T. V. (2021). *Tekhnolohiia moloka i molochnykh produktiv z elementamy NASSR. Svit knyh* (in Ukrainian).

Hrek, O. V., & Krasulia, O. O. (2017). *Molokopererobka. Innovatsii: pidruchnyk. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii*. Kyiv: NUKhT (in Ukrainian).

Hrek, O. V., Yushchenko, N. M., & Osmak, T. H. (2015). *Praktykum z tekhnolohii moloka ta molochnykh produktiv: navchalnyi posibnyk; Ministerstvo osvity i*

nauky Ukrainy, Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii. Kyiv: NUKhT (in Ukrainian).

Musiy, L., Tsisaryk, O., Slyvka, I., & Jeremica, N. (2020). Use of stevia in yoghurt technology. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 22(94), 55–60. DOI: 10.32718/nvlvet-f9411.

Ovsienko, S., Bernyk, I., & Novgorodska, N. (2023). Yoghurt quality when using probiotic starter cultures and vegetable filler. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 25(100), 53–59. DOI: 10.32718/nvlvet-f10009.

Polishchuk, H. Ye., Hrek, O. V., Skorchenko, T. A. ta in. (2013). *Tekhnolohiia molochnykh produktiv: pidruchnyk. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii*. Kyiv: NUKhT (in Ukrainian).

Polishchuk, H. Ye., Kochubei-Lytvyenko, O. V., Osmak, T. H., & Bass, O. O. (2020). *Innovatsiini kharchovi inhrediienty u tekhnolohiiakh molochnykh ta molokovmisnykh produktiv: pidruchnyk*. Kyiv: NUKhT (in Ukrainian).

Prylipko, T. M., Koval, T. V., & Bukalova, N. V. (2020). *Biokhimichni i mikrobiolohichni kontrol yakosti kharchovykh produktiv. Navchalnyi posibnyk. Kamianets-Podilskyi* (in Ukrainian).

Slyvka, I., Tsisaryk, O., Musiy, L., & Herun, O. (2023). Technology of fermented milk product with increased protein content. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 25(100), 94–100. DOI: 10.32718/nvlvet-f10015.

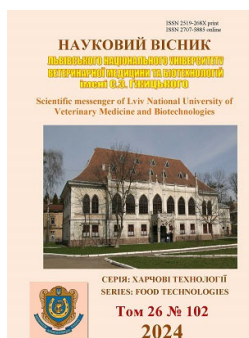
Sukhorska, O., Slyvka, N., & Bilyk, O. (2017). Analysis of main sources of bioflavonoids the creation of products of medical and prophylactic appointment. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 19(80), 107–110. DOI: 10.15421/nvlvet8022.

Telychkun, V. I., Havva, O. M., Telychkun, Yu. S. ta in. (2017). *Tekhnolohichni komplekxy kharchovykh vyrobnytstv. Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii*. Kyiv: Stal (in Ukrainian).

Tsisaryk, O. Y., Hachak, Yu. R., Slyvka, N. B., Turchyn, I. M., & Musii, L. Ya. (2015). *Tekhnolohiia molochnykh produktiv funktsionalnoho pryznachennia: Navchalno-metodychnyi posibnyk*. Lviv (in Ukrainian).

Tsisaryk, O. Y., Hachak, Yu. R., Turchyn, I. M., & Slyvka, N. B. (2006) *Tekhnolohiia moloka i molochnykh produktiv: Laboratornyi praktykum* Lviv. 130 s. Hryf MAPP, rekomendovano vchenoiu radoiu LNUVM imeni S.Z Hzhyskoho (in Ukrainian).

Zozulia, A., & Simonov, M. (2018). Effect of storage life on the microbiological composition of yogurts. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 20(85), 119–122. DOI: 10.15421/nvlvet8522.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10211
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 664.68

Non-traditional plant raw materials in the production technology of flour confectionery products

S. M. Ovsienko✉, N. V. Novgorodska

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine

Article info

Received 07.08.2024
Received in revised form
09.09.2024
Accepted 10.09.2024

Vinnitsia National Agrarian
University, Sontachna Str., 3,
Vinnitsia, 21008, Ukraine.
Tel.: +38-097-349-98-97
E-mail: ovsienko@gmail.com

Ovsienko, S. M., & Novgorodska, N. V. (2024). Non-traditional plant raw materials in the production technology of flour confectionery products. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 72–79. doi: 10.32718/nvlvet-f10211

Flour confectionery products are characterized by insufficient nutritional value due to the low content of the high-quality proteins, dietary fibers, vitamins and minerals. This indicates the need to balance the chemical composition, increase biological value and eliminate the deficiency of individual components by enriching it with biologically active ingredients. The inclusion of non-traditional plant raw materials in the recipes will contribute to increasing the nutritional value, improving the organoleptic characteristics and physicochemical properties of flour confectionery products. The subject of research is increasing the nutritional value of flour confectionery products by using various technological methods, introducing raw materials of natural origin, in particular non-traditional raw materials of plant origin with a high content of biologically active substances. The purpose of the research is to theoretically substantiate the enrichment of flour confectionery products with non-traditional plant raw materials in order to improve the nutrient composition, organoleptic, structural and mechanical indicators, and increase shelf life. Analytical research methods were used in the formation of the article. The use of non-traditional plant raw materials in the production of flour confectionery products contributes to their enrichment with valuable nutrients and diversifies taste characteristics, increases nutritional value, reduces energy value due to the reduction of high-calorie components in the recipe. At the same time, such raw materials can have different effects on the characteristics of the dough and the quality of finished products. This requires careful selection of ingredients and optimization of technological processes to ensure stability and high quality of products.

Key words: flour confectionery products, vegetable raw materials, biologically active ingredients, quality.

Нетрадиційна рослинна сировина у технології виробництва борошняних кондитерських виробів

С. М. Овсієнко✉, Н. В. Новгородська

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Борошняні кондитерські вироби характеризуються недостатньою харчовою цінністю через низький вміст високоякісних білків, харчових волокон, вітамінів і мінералів. Це свідчить про необхідність збалансування хімічного складу, підвищення біологічної цінності та усунення дефіциту окремих компонентів шляхом збагачення біологічно активними інгредієнтами. Підвищенню харчової цінності, поліпшенню органолептичних характеристик і фізико-хімічних властивостей борошняних кондитерських виробів сприятиме включення до рецептур нетрадиційної рослинної сировини. Предмет досліджень – підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів шляхом використання різних технологічних прийомів, внесення сировини натурального походження, зокрема нетрадиційної сировини рослинного походження з високим вмістом біологічно активних речовин. Метою досліджень є теоретичне обґрунтування збагачення борошняних кондитерських виробів нетрадиційною рослинною сировиною з метою поліпшення нутрієнтного складу, органолептичних, структурно-механічних показників, збільшення термінів зберігання. При формуванні статті використовувалися аналітичні методи досліджень. Використання нетрадиційної рослинної сировини у виробництві борошняних кондитерських виробів сприяє їх збагаченню цінними нутрієнтами та урізноманітнює смакові характеристики, під-

вищує харчову цінність, знижує енергетичну цінність за рахунок зменшення в рецептурі висококалорійних компонентів. Водночас така сировина може по-різному впливати на характеристики тіста та якість готових виробів. Це вимагає ретельного підбору інгредієнтів і оптимізації технологічних процесів для забезпечення стабільності та високої якості виробів.

Ключові слова: борошняні кондитерські вироби, рослинна сировина, біологічно активні інгредієнти, якість.

Вступ

Борошняні кондитерські вироби займають важливе місце в українській національній кухні та відіграють значну роль у харчуванні людини. Вони користуються високою популярністю, що спричиняє зростання їх споживання. Ці вироби вирізняються привабливим зовнішнім виглядом, чудовими смаковими якостями, ароматом і легко засвоюються організмом.

Проте більшість борошняних кондитерських виробів має низький вміст вітамінів, макро- і мікроелементів, харчових волокон та високоякісних білків. Недостатнє споживання мікронутрієнтів із традиційними борошняними кондитерськими виробами негативно позначається на фізичному розвитку, призводить до порушень обмінних процесів і не сприяє формуванню здорового організму людини.

Одним із напрямів підвищення якості харчових продуктів і поліпшення структури раціону населення є впровадження в харчування нових, нетрадиційних видів рослинної сировини. Аналіз літературних даних, присвячених вивченню використання нетрадиційної сировини, характеризує її як перспективне джерело рослинних білків, біологічно активних ліпідів, харчових волокон і збалансованих мінеральних речовин, що вирізняється високими поживними, смаковими й лікувально-профілактичними властивостями (Naumenko & Ovsienko, 2021; Bernyk et al., 2022).

З метою поліпшення харчування науковці створюють нові технології харчових продуктів та покращують нутрієнтний склад традиційних хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів. Тому під час виробництва борошняних виробів вирішуються проблемні питання щодо підвищення їх харчової цінності; використання сировини, яка володіє широким спектром технологічних властивостей, що дозволить поліпшити органолептичні та структурно-механічні характеристики готових виробів; інтенсифікувати технологічний процес; збільшити термін зберігання (Dziundzia & Zvaholska, 2021; Ovsienko & Naumenko, 2022; Ovsienko, 2024).

Перспективним напрямком у виробництві борошняних кондитерських виробів є покращення рецептури існуючого асортименту шляхом додавання натуральних рослинних інгредієнтів підвищеної біологічної цінності.

Мета дослідження

Метою досліджень є теоретичне обґрунтування збагачення борошняних кондитерських виробів нетрадиційною рослинною сировиною з метою поліпшення нутрієнтного складу, органолептичних, структурно-механічних показників, збільшення термінів зберігання.

Матеріал і методи досліджень

При формуванні статті використовували аналітичні методи досліджень.

Результати та їх обговорення

Борошняні кондитерські вироби – це велика група продуктів із широким асортиментом, яка користується популярністю серед різних верств населення. Ці вироби приваблюють споживачів своїм естетичним виглядом, приємним ароматом і солодким смаком. Завдяки низькому вмісту вологи більшість кондитерських виробів є поживними харчовими концентратами.

Через високий вміст цукру та жиру борошняні кондитерські вироби вирізняються високою калорійністю і легко засвоюються організмом. Їхня енергетична цінність зазвичай становить від 1200 до 2500 кДж на 100 грамів. Водночас ці вироби зазвичай містять мало вітамінів та біологічно активних речовин, оскільки вони або відсутні у сировині, що використовується, або руйнуються під впливом високих температур під час приготування.

Обов'язковим компонентом рецептур борошняних кондитерських виробів є борошно, цукор, жири, яєчні та молочні продукти. Ці інгредієнти становлять близько 90 % від загальної кількості сировини, що використовується для їх виготовлення. Також до рецептур входить близько 200 різновидів додаткових компонентів, що відрізняються за хімічним складом і властивостями. Серед них – крохмаль, патока, мед, фрукти й ягоди, какао-продукти, насіння з високим вмістом жирів, горіхи, харчові кислоти, барвники, ароматизатори, драглекувувачі та інші. Ці інгредієнти сприяють поліпшенню смакових якостей, зовнішнього вигляду та текстури готових виробів.

Окрім традиційної сировини, у виробництві борошняних кондитерських виробів активно застосовуються нетрадиційні та інноваційні компоненти, багаті на вітаміни, мікроелементи та харчові волокна. Серед них – вторинні молочні продукти, різні білкові збагачувачі, фруктові та овочеві порошки, пюре, підварки, цукати, сухофрукти, крупка соняшника, екструдовані крупи, модифіковані крохмалі, глюкозно-фруктозні сиропи тощо. Використання таких компонентів дозволяє регулювати хімічний склад виробів, підвищувати їхню харчову цінність і якість. У всіх розвинених країнах світу ведуться активні розробки технологій для створення нових видів борошняних кондитерських виробів і дослідження їх властивостей.

Асортимент борошняних кондитерських виробів надзвичайно різноманітний. Залежно від складу рецептур та особливостей технологічного процесу виділяють такі види борошняних кондитерських виробів,

як печиво, крекери, галети, пряники, вафлі, тістечка, торти, кекси, рулети, ромові баби.

Останні дослідження показали, що наразі існує потреба у розширенні асортименту борошняних кондитерських виробів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, під час розробки яких науковці часто використовують натуральні інгредієнти рослинного походження. Для цієї мети широко застосовуються борошно та шроти з нетрадиційних зернових і круп'яних культур, а також різноманітна плодово-ягідна й овочева сировина у вигляді порошків, паст, пюре, кріопаст і сиропів.

Пошукам нових рецептур борошняних кондитерських виробів присвячена значна частина наукових праць вітчизняних та зарубіжних учених.

Для вирішення проблеми дефіциту есенціальних нутрієнтів у раціонах харчування запропоновано підвищити харчову цінність борошняних кондитерських виробів шляхом використання функціональних харчових добавок, таких як шроти сої, соняшнику та розторопші.

Шроти вирізняються цінним хімічним складом, зокрема високим вмістом харчових волокон, білків, вітамінів, мінералів та вуглеводів, тому вони є перспективними інгредієнтами для використання у технологіях виробництва харчових функціональних продуктів.

В дослідженнях щодо використання шротів олійних культур у технології пісочного печива підбрано раціональну модельну композицію шротів сої, соняшнику, розторопші у співвідношенні 3 : 4 : 3, при якому поліпшується хімічний склад пісочного напівфабрикату за вмістом білка, клітковини, калію, кальцію, селену, йоду, вітаміну Е ([Antonenko & Mykhailiyk, 2016](#)).

Дослідження багатьох учених спрямовані на вдосконалення асортименту й технології борошняних кондитерських виробів за рахунок ефективного використання функціональних добавок таких основних груп, як харчові волокна, вітаміни, мінеральні речовини, ліпіди, які містять поліненасичені жирні кислоти, антиоксиданти, олігоцукриди, молочнокислі бактерії. Крім того, одним із напрямів підвищення харчової цінності та створення борошняних кондитерських виробів заданих складів і властивостей є використання різних видів нетрадиційної сировини.

Для підвищення біологічної цінності цукрового печива використовували шрот з насіння гарбуза – дієтичний продукт, який легко засвоюється за рахунок високого вмісту (до 50 %) повноцінного білка, а також має високий вміст макро-і мікроелементів, серед яких провідні позиції займають цинк, залізо, магній, фосфор, кальцій та селен. Особливу роль у цьому шроті відіграє високий рівень цинку, який підвищує функції для оздоровлення печінки, підшлункової залози, корисний при діабеті. Гарбузовий шрот наділений лікувально-профілактичними властивостями, подібними до гарбузової олії. Гарбузовий шрот володіє бактерицидною, протизапальною, протиалергічною та протипухлинною властивостями. Оптимальна кількість шроту з насіння гарбуза – 2,76 % від маси борошна.

Розроблений зразок печива відрізняється від печива, що виготовлене за традиційною рецептурою, кращим хімічним складом та підвищеною біологічною цінністю – при споживанні 100 г продукту спостерігаються тенденції в компенсації понад 10 % добової норми в білках, жирах, вуглеводах; мінеральних речовинах – від 2,33 % до 25,78 %; вітамінах від 3,35 % до 9,44 %, що пояснюється позитивним впливом на організм та задоволенням в основних нутрієнтах різних категорій населення ([Bachynska, 2018](#)).

За даними ([Bachynska, 2017](#)), розробка нових зразків борошняних кондитерських виробів з використанням нетрадиційної рослинної сировини є дуже актуальним питанням. Доцільно використовувати у виробництві борошняних кондитерських виробів шроти та харчові волокна з насіння гарбуза, амаранту та пшениці, що містять у своєму складі комплекс корисних для організму людини речовин. Як поліпшувач тіста для виробництва печива здобного запропоновано шрот з насіння гарбуза та суміш харчових волокон з насіння гарбуза, амаранту та зародків пшениці, адже саме ці рослинні добавки не порушують технологічного процесу виготовлення печива та не впливають на основні споживчі властивості готового виробу, окрім того, спираючись на результати досліджень та аналіз хімічного складу даних виробів, ці добавки дозволяють збагатити готовий виріб вітамінами, мінеральними елементами та харчовими волокнами, які необхідні для організму людини.

Харчові волокна з амаранту та зародків пшениці – це високоенергетичний, калорійний, поживний продукт, що володіє загальнозмцнюючими, адаптогенними властивостями і має широкий спектр терапевтичної дії, який обумовлений наявними у складі біологічно активними речовинами. Підвищений вміст білків (протеїнів), біофлавоноїдів, антиоксидантів робить необхідним приймання клітковини ослабленим захворюваннями людям та тим, що довгостроково страждають захворюваннями імунodefіцитного характеру, особам геронтологічного профілю. Дослідження показали, що оптимальною є концентрація 10 г суміші харчових волокон та 2 г шроту з насіння гарбуза, саме цю кількість суміші харчових волокон можна вводити до печива без зміни основних фізико-хімічних показників.

Збагачення традиційних продуктів масового споживання фізіологічно активними нутрієнтами забезпечує раціон харчування людини необхідними есенціальними елементами, антиоксидантами ([Kaprelyants et al., 2019](#)).

Проведено дослідження, спрямоване на підвищення біологічної цінності пісочного печива шляхом використання пектину. Унікальність пектину полягає у його властивостях, які ефективно проявляються у харчових системах, зокрема він є ефективним комплексоутворювачем, драглеутворювачем, емульгатором та стабілізатором. Комплексоутворююча дія пектинових речовин базується на взаємодії емокуронової кислоти (похідної пектину) з іонами важких і радіоактивних металів. Завдяки цій особливості пектин рекомендується для включення в раціон харчування осіб,

які проживають у зонах, забруднених радіонуклідами та металевими ксенобіотиками.

У результаті проведених досліджень підібрано раціональну концентрацію яблучного пектину в кількості 8 %, розроблено технологічну схему пісочного печива з пектином. В готовому печиві за рахунок внесення пектину кількість клітковини збільшилась у 8,5 раза, магнію – у 1,35 раза, натрію – у 4,32 раза. Отже, додавання пектину в технології пісочного печива є доцільним і поліпшує його харчову й біологічну цінність (Kravchenko et al., 2018).

Подрібнення рослинної сировини до порошкової фракції дозволяє стабілізувати біологічно активні сполуки; підвищити біодоступність вітамінів і мінеральних речовин за рахунок руйнування міжмолекулярних зв'язків; значно підвищити питому активну поверхню засвоєння продукту; мікроструктурувати харчові волокна, надавши їм властивості ентеросорбентів.

Крім перерахованих переваг, такі фітопорошки з рослинної сировини характеризуються високими органолептичними показниками, високою концентрацією фізіологічно активних речовин і низьким вмістом вологи (близько 8 %), що дозволяє зберігати їх впродовж тривалого часу без втрати якості.

Овочеві та ягідні порошки, на відміну від пюре і соків, є концентратами вихідної сировини, довше зберігають свої якісні показники, краще транспортуються. Завдяки цінному хімічному складу, вони є засобом збагачення кондитерських виробів харчовими волокнами, азотовмісними мінеральними речовинами, органічними кислотами, вітамінами і натуральними барвниками.

Фітопорошок з сушених плодів шипшини є перспективним інгредієнтом для збагачення борошняних кондитерських виробів.

Шипшина цінується за лікувальні властивості, що зумовлені її складом. Вітамін С – аскорбінова кислота – це одна з головних поживних речовин-антиоксидантів, що знищує вільні радикали і мікробні інфекції, активізує природні захисні механізми людини. Плоди шипшини багаті також на мінеральні та інші біологічно активні речовини.

Досліджено вплив порошку шипшини на фізико-хімічні та органолептичні показники якості готового бісквіту. На основі органолептичної оцінки та фізико-хімічних досліджень готових виробів раціональне дозування порошку шипшини в технології бісквітного напівфабрикату становить 20 % замість пшеничного борошна вищого ґатунку. Запропоновано вводити добавку разом з борошном пшеничним на стадії замісу тіста. Додавання порошку шипшини призводить до збільшення пористості. Готові вироби вирізняються високими споживчими властивостями. Кількість вітаміну С у випеченому бісквіті складає $55,6 \pm 0,5$ мг у 100 г, що наближено до добової потреби людини.

Важливе промислове значення має яблучний порошок, який широко застосовується як додаткова сировина у кондитерській, хлібопекарській промисловості. Його харчова цінність зумовлена вмістом вітамінів і мікроелементів, які можуть зберігатися до двох років.

Науковці обґрунтували та розробили технологію використання яблучного порошку для виробництва фруктового бісквіту, пряників та оздоблювальних напівфабрикатів. Встановлено, що додавання порошку з яблук до бісквіту та пряників у кількості 10 % дозволяє одержати високоякісну готову продукцію, подовжує термін зберігання виробів, підвищує біологічну цінність (Kalakura et al., 2016; Myroshnyk et al., 2020).

Було розроблено технології виробництва пісочних напівфабрикатів з додаванням порошків із яблук, лимонів, апельсинів, буряків та виноградних вичавок. Доведено, що додавання 10–20 % порошкових харчових добавок рослинного походження від маси цукру дозволяє частково замінити рафінований цукор натуральними вуглеводами та харчовими волокнами. Це підвищує біологічну цінність пісочного напівфабрикату і дозволяє отримати продукт з профілактичними властивостями (Myroshnyk & Dotsenko, 2019).

(Lebedynets et al., 2019) запропонували рецептуру та технологію виготовлення кексів з додаванням порошків з айви звичайної та японської (хеномелесу), а також дослідили їх органолептичні та фізико-хімічні показники. У рецептурах кексів найбільша частка припадає на такі види рафінованої сировини, як пшеничне борошно, цукор, жири, що обумовлюють незбалансованість їх хімічного складу, низьку харчову цінність та високу калорійність. Необхідною умовою підвищення споживчих властивостей борошняних кондитерських виробів є збагачення їх біологічно активними речовинами. Перспективною сировиною можна з впевненістю вважати хеномелес, який містить в своєму складі значну кількість пектинових речовин, L-аскорбінової кислоти, органічних кислот (хінна, яблучна), поліненасичених жирних кислот (олеїнова, лінолева), карбонових кислот (капронова, лауринова, пальмітолеїнова), фенольних речовин (проціанідін, рутин, хлорогенова кислота), ароматичних речовин (естрагол).

Плоди айви полівітамінні, до їхнього складу входять вітаміни групи В, С, РР, А, Е. Також вони є джерелом амінокислот, мікро- та макроелементів – кремнію, бору, ванадію, міді, заліза, кобальту, марганцю, цинку, рубідію, хрому. Айва завдяки мінімальній кількості жирів є чудовим продуктом для дієтичного харчування. За рахунок міді та клітковини вона покращує травні процеси та допомагає позбутися зайвої ваги. Айва містить велику кількість харчових волокон, насамперед клітковини та протопектину, основна кількість яких розміщена навколо насіння і в самому насіннику. Вміст пектину в деяких сортах досягає 3,25 % (Levkivska & Dushchak, 2023).

Було розроблено кекс “Айвовий” з додаванням 7 % порошку з айви японської (хеномелесу) і 8 % порошку з айви звичайної до маси борошна пшеничного вищого ґатунку, що дозволяє отримати вироби доброї якості. Кекси з внесенням добавок мають відмінні органолептичні показники, добрий об'єм і пористість. Введення у рецептуру суміші порошків з айви японської і звичайної сприяє збільшенню масової частки вологи і намоочуваності, що пояснюється наявністю у порошках харчових волокон і пектинових

речовин, які здатні утримувати значну кількість води. Автори вважають, що застосування порошків з айви є перспективним напрямом розвитку ринку функціональних харчових продуктів.

З метою збагачення біологічної цінності дріжджового та бісквітного тіста (*Khomych et al., 2019*) пропонують використовувати порошок із вичавок журавлини, які характеризуються значним вмістом біологічно активних речовин і володіють потужними антиоксидантними властивостями. Для проведення досліджень використовували порошок із ягід журавлини, який вносили в кількості 2, 4, та 6 % від маси борошна для виробів із дріжджового тіста та в кількості 10, 15 та 20 % від маси борошна для виробів із бісквітного тіста. За сумою фізико-хімічних показників та органолептичної оцінки кращими були визнані вироби із дріжджового тіста з використанням 6 % порошку та бісквітне тісто з використанням 15 % порошку.

За рахунок включення до рецептури борошняних виробів добавок рослинної сировини – пюре та порошку з вичавок журавлини – досягається підвищення біологічної цінності виробів, подовжується термін їхньої реалізації і зменшуються мікробіологічні показники (*Khomych et al., 2017*).

Плодові порошки калини, горобини та обліпихи вирізняються високим вмістом біоантиоксидантів, таких як β -каротин, вітаміни Р, Е та аскорбінова кислота. Антиоксиданти забезпечують ефективний захист від руйнівної дії вільних радикалів, які, накопичуючись в організмі людини, можуть спричинити патологічні процеси, що ведуть до передчасного старіння та розвитку різних захворювань. Організм людини не здатний синтезувати антиоксиданти, їх необхідно отримувати з продуктами харчування.

Додавання плодових порошків калини, горобини та обліпихи до бісквітних напівфабрикатів збагачує їх хімічний склад важливими макро- і мікроелементами, а також незамінними амінокислотами та харчовими волокнами (*Myroshnyk et al., 2014*).

Для підвищення біологічної цінності печива було проведено дослідження із використанням пюре з обліпихи. Ягоди обліпихи вирізняються високим вмістом органічних кислот і містять понад 100 біологічно активних компонентів, серед яких: вітаміни РР, Н, Е, С, В₆, В₉, В₂, В₅, В₁, бета-каротин, каротиноїди; мікро- і макроеlementи: калій, кальцій, натрій, магній, фосфор, залізо; ненасичені жирні кислоти: олеїнова (ω -9), пальмітолеїнова (ω -7), пальмітинова, лінолева (ω -6), ліноленова (ω -3); органічні кислоти: фолієва, хінна, яблучна, винна, лимонна, олеанолова, урсолова; інші корисні речовини: стерини, ди- і моносахариди, зола, амінокислоти (зокрема серотонін), харчові волокна, клітковина, рутин, фенольні сполуки, дубильні речовини, пектини, фітонциди, ефірні олії. Ягоди обліпихи на 83,5 % складаються з води, 100 г обліпихи забезпечують 97 % добової потреби людини в усіх необхідних корисних речовинах. Це робить обліпиху надзвичайно цінним компонентом для збагачення харчових продуктів, таких як печиво.

За результатами досліджень зроблено висновок, що використання обліпихового пюре у кількості 15 % на заміну частини вершкового масла в рецептурі бло-

нді дало змогу поліпшити структуру та органолептичні показники виробів, підвищити харчову цінність і знизити калорійність виробів (*Sheludko, 2021*).

Проведені дослідження показали доцільність використання обліпихового пюре в технології крафінів і м'яких вафель. Встановлено, що внесення обліпихового пюре в кількості 8 % до рецептури крафінів і 20 % до рецептури м'яких вафель дозволяє поліпшити структуру й органолептичні показники, підвищити харчову цінність і знизити калорійність виробів (*Sheludko, 2020; 2021*).

Для отримання борошняних кондитерських виробів високої якості актуальним є використання добавок, виготовлених із вітчизняної рослинної сировини, наприклад виноградних вичавок, що є відходами виробництва соків і вина, які у великих об'ємах накопичуються при переробці винограду. Відомо, що виноград містить потужні антиоксиданти та інші біологічно активні речовини.

Додавання у здобне печиво порошку з виноградних кісточок у кількості 15,0 % поліпшує фізико-хімічні (питомий об'єм та здатність до намокання) та органолептичні показники якості печива, збільшення концентрації добавки до 20,0 % незначно погіршує їх; тобто раціональним дозуванням дослідної добавки є 15,0 % від маси борошна пшеничного (*Samokhvalova et al., 2016*).

Використання ананасового та бананового порошків у виробництві пісочного печива дозволяє розширити асортимент продукції, збагаченої дефіцитними нутрієнтами, здешевити вироби, зробити їх смачними й корисними. Дослідження фізико-хімічного складу фруктових порошків показали, що вони містять значну кількість пектинів (вміст пектинів в ананасовому порошку – 3,6 %, у банановому порошку – 5,5 %). Розроблене печиво має підвищений вміст білка, харчових волокон, вітамінів та мінеральних речовин порівняно з традиційною технологією (*Antonenko et al., 2022*).

З метою удосконалення технології бісквітів типу “червоний оксамит” дослідниками запропоновано як природний барвник використовувати сировину, багату на антоціани. Перспективною сировиною, багатою на макро- та мікронутрієнти, є чорноплідна горобина (аронія) та продукти її переробки (пасти, екстракти, сублімований порошок). Встановлено, що оптимальним є внесення порошку аронії у кількості 1,3–1,5 % до маси сировини у відновленому стані.

За результатами проведених досліджень розроблено удосконалену технологію бісквітів типу “червоний оксамит” функціонального призначення. Готову продукцію оцінено за комплексним показником якості. Визначено, що нові види бісквіту заслуговують оцінки “відмінно” та рекомендовані до вживання всім групам здорового населення та особам з функціональними порушеннями. Встановлено, що при вживанні 100 г розроблених бісквітів добова потреба у Са та К покривається на 20 %, вітамінів А, Е, С – на 10–15 % (*Abramova et al., 2018*).

Були розроблені рецептури борошняних напівфабрикатів з використанням порошків чорної смородини (repic) та порошку із порічок. Ягоди містять високий

вміст мінеральних і вітамінних речовин та мають імуномодельючі та антиоксидантні властивості. За результатами досліджень виявлено, що при внесенні 8 % кількості порошків прослідковуються позитивні зміни реологічних показників бісквітного напівфабрикату, вироби мають кращу пористість, структуру, питомий об'єм. Оцінювання сенсорних показників показало переваги розробленого бісквітного напівфабрикату порівняно з традиційною технологією. Внесення порічок і репісу дозволяє заощадливо використовувати наявні ресурси та збагатити кондитерські вироби біологічно активними компонентами ягід, які мають імуномодельючі та антиоксидантні властивості (Dziundzia & Epanov, 2023).

Buialska N. et al. (2018) вивчали питання використання продуктів переробки цикорію коренеплідного в технології виробництва борошняних кондитерських виробів. Продукти переробки коренеплідів цикорію містять унікальний набір есенціальних нутрієнтів – 60 % інуліну, білкові речовини, вуглеводи левулозу (10–20 %), фруктозу (4,5–9,5 %), пектин, жир, холін, глюкозид інтибіну (0,2 %), а також цикорієву, яблучну, лимонну й винні кислоти. За літературними даними, до складу цикорію входять 33 мінеральних елементи і вітаміни А, Е, В₆, В₂, В₁₂, РР.

В результаті проведених досліджень доведено доцільність використання порошку цикорію для розроблення нових сортів борошняних кондитерських виробів із підвищеною харчовою цінністю, які рекомендовані як для масового споживання, так і як продукти функціонального харчування. Визначено оптимальний відсоток дозування добавки. Встановлено, що досліджуваний зразок з вмістом добавки 3 % характеризується кращими органолептичними та фізико-хімічними показниками. Додавання порошку кореня цикорію в кількості 3 % призводить до підвищення міцності клейковини.

Rohova A. et al. (2020) розробили технологію пісочного печива з порошком цикорію та дослідили вплив добавки на показники якості готових виробів. Порошок, який виготовляють з кореня цикорію, має світло-коричневий колір, легкий пряний аромат. Він зберігає всі корисні властивості, зокрема інулін, що надає продукту лікувально-профілактичні властивості. В організмі людини інулін під дією соляної кислоти шлунка та ферментів кишечника розщеплюється на речовини, що проникають у кров. Нерозщеплена частина сприяє виведенню солей важких металів, токсинів, холестерину. За фізико-хімічними показниками всі дослідні зразки печива мали значення в межах, що регламентуються нормативною документацією. Під час дослідження органолептичних властивостей виробів з різним вмістом у рецептурах порошку цикорію спостерігається стабільність усіх показників за умов дозування добавки до 10 % від маси борошна включно – вироби мають гарний об'єм, добре розвинену пористість, правильну форму, солодкий смак і приємний аромат.

Розроблений виріб за вмістом жирів і вуглеводів практично не відрізняється від контрольного зразка. Спостерігається збільшення частки білків на 14,7 %. Виріб збагачується клітковиною майже на 20 %, а також мінеральними елементами: калієм – на 19,3 %;

кальцієм – на 16 %. Калорійність печива збільшується лише на 3 %. Новий виріб містить 7,23 г інуліну в 100 г.

Для підвищення поживної цінності коржів “Молочних”, а також надання їм дієтичних властивостей в рецептурі частину пшеничного борошна замінили на порошок із гарбузового насіння, який є перспективною дешевою сировиною для харчової промисловості, оскільки містить в 2,5 рази більше білків, які є безгліадіновими, вироби на їх основі рекомендуються для споживання людьми з целиакією. Гарбузове насіння є цінним джерелом вітамінів, мікроелементів, харчових волокон, поліненасичених жирних кислот родин ω -3 та ω -6, які виконують широкий спектр біологічної дії в організмі людини.

Використання гарбузового борошна у виробництві коржів “Молочних” дозволяє збагатити їх незамінними нутрієнтами, забезпечуючи високу якість готових виробів. В результаті досліджень підібрано функціональний інгредієнт з підвищеним вмістом білків, ліпідів, вуглеводів, клітковини, вітамінів, макро- та мікроелементів порівняно з пшеничним борошном. Визначено, що оптимальна доза борошна з гарбузового насіння у складі коржа “Молочного” – 10 % (Zhukova & Tarasenko, 2021).

Вивчався вплив гарбузового насіння на органолептичні властивості та фізико-хімічні показники кексів. Традиційна рецептура кексів передбачає використання борошна пшеничного вищого ґатунку, яке за своїм складом містить недостатню кількість мінеральних речовин і вітамінів, тому під час виготовлення кексів за новою рецептурою його частину замінювали нетрадиційною сировиною (гарбузове насіння, гречане борошно, олія соняшникова рафінована). Дослідження показали доцільність введення до складу рецептури кексів гарбузового насіння у кількості 30 % з одночасною заміною вершкового масла на олію соняшкову рафіновану (Kaplina et al., 2018).

Висновки

Використання нетрадиційної рослинної сировини у виробництві борошняних кондитерських виробів сприяє збагаченню їх цінними нутрієнтами та урізноманітнює смакові характеристики, підвищує харчову цінність продукту, знижує його енергетичну цінність через зменшення в рецептурі висококалорійних компонентів. Водночас така сировина може по-різному впливати на характеристики тіста та якість готових виробів. Це вимагає ретельного підбору інгредієнтів і оптимізації технологічних процесів для забезпечення стабільності та високої якості виробів.

Відомості про конфлікт інтересів

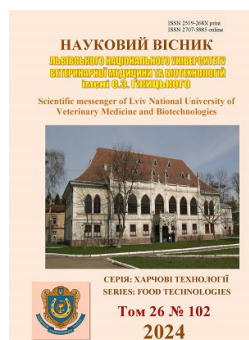
Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

Abramova, A. H., Rubanka, K. V., & Pysarets, O. P. (2018). Udoshkonalennia tekhnolohii biskvitiv

- funktsionalnoho pryznachennia dlia pidpriemstv kondyterskoi haluzi ta zakladiv restorannoho hospodarstva. *Prodovolchi resursy*, 18(10), 7–12. DOI: 10.31073/foodresources2018-10-01 (in Ukrainian).
- Antonenko, A. V., & Mykhailik, V. S. (2016). Tekhnolohiia ta yakist pechyva zi shrotamy oliinykh kultur. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 10(1), 72–76. DOI: 10.21691/fst.v10i1.83 (in Ukrainian).
- Antonenko, A. V., Brovenko, T. V., Vasylenko, O. V., Stukalska, N. M., Kryvoruchko, M. Yu., & Tolok, G. A. (2022). Tekhnolohiia kondyterskykh vyrobiv z vykorystanniam poroshkiv tropichnykh rosllyn. *Tavriiskyi naukovi visnyk*, 3, 100–109. DOI: 10.32851/tnv-tech.2022.3.11 (in Ukrainian).
- Bachynska, Ya. (2017). Vykorystannia netradytsiinoi syrovyny pry vyrobnytstvi boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv yak prohresyvnyi napriamok stvorennia produktiv pidvyshchenoi biolohichnoi tsinnosti. *Traiektoriia nauky*, 3(2), 7.1–7.10. DOI: 10.22178/pos.19-11 (in Ukrainian).
- Bachynska, Ya. (2018). Formuvannia spozhyvnykh vlastyvostei tsukrovoho pechyva za rakhunok vykorystanniam shrotu z nasinnia harbuza. *Traiektoriia nauky*, 4(6), 1001–1008 (in Ukrainian).
- Bernyk, I. M., Novhorodska, N. V., Solomon, A. M., Ovsienko, S. M., & Bondar, M. M. (2022). Innovatsiini tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv: monohrafiia. Vinnytsia: Vydavets FOP Kushnir Yu. V. (in Ukrainian).
- Buialska, N. P., Tkachenko, Yu. D., & Denysova, N. M. (2018). Vykorystannia produktiv pererobky tsykoriuu koreneplidnoho v tekhnolohii vyrobnytstva boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*, 2(12), 196–203. DOI: 10.25140/2411-5363-2018-2(12)-196-203 (in Ukrainian).
- Dziundzia, O. V., & Zvaholska, K. M. (2021). Analiz netradytsiinoi boroshniansoi syrovyny dlia vyrobnytstva khlibobulochnykh vyrobiv. *Tavriiskyi naukovi visnyk*, 1, 22–29. DOI: 10.32851/tnv-tech.2021.1.4 (in Ukrainian).
- Dziundzia, O. V., & Epanov, S. S. (2023). Perspektyvy rozshyrennia asortymentu kondyterskoi produktsii funktsionalnoho pryznachennia. *Tavriiskyi naukovi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky*, 4, 110–117. DOI: 10.32782/tnv-tech.2023.4.14 (in Ukrainian).
- Kalakura M.M., Ratushenko A. T. & Bublyk H. A. (2016). Optymizatsiia yakosti kondyterskykh vyrobiv iz vykorystanniam yabluchnoho poroshku. *Tekhnolohichni audyt i rezervy vyrobnytstva* 3/3(29), 12–17. DOI: 10.15587/2312-8372.2016.70976 (in Ukrainian).
- Kaplina, T. V., Stoliarchuk, V. M., & Dudnik, S. O. (2018). Zminy yakisnykh pokaznykiv keksiv zalezno vid chastky vnesenoho do retseptury harbuzovoho nasinnia. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S. Z. Gzhytskoho*, 20(85), 114–118. DOI: 10.15421/nvvet8521 (in Ukrainian).
- Kaprelyants, L., Yegorova, A., Trufkati, L. & Pozhitkova, L. (2019). Functional foods: prospects in Ukraine. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 13(2), 15–23. DOI: 10.15673/fst.v13i2.1382.
- Khomych, G., Matsuk, Y., Nakonechnaya, J., Oliynyk, N., & Medved, L. (2017). Study of the chemical composition of cranberry and the use of berries in food technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/11(90), 59–65. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.117315.
- Khomych, H. P., Horobets, O. M., Levchenko, Yu. V. & Medved, L. M. (2019). Kompleksne vykorystannia zhuravlyny v tekhnolohii boroshnianskykh vyrobiv. *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Seriia “Tekhnichni nauky”*, 1(19), 29–37. DOI: 10.37734/2518-7171-2019-1-4 (in Ukrainian).
- Kravchenko, M. F., Mykhailik, V. S., & Yaroshenko, N. Iu. (2018). Tekhnolohiia pisochnoho pechyva z pektynom. *Naukovi pratsi NUKhT*, 24(2), 232–237. DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-2-28 (in Ukrainian).
- Lebedynets, V. T., Havrylyshyn, V. V., & Lebedynets, A. I. (2019). Vplyv poroshkiv z aivy zvychainoi i khennomelesu na yakist keksiv. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, 22, 59–63. DOI: 10.36477/2522-1221-2019-22-10 (in Ukrainian).
- Levkivska, T. M., & Dushchak, O. V. (2023). Aiva – perspektyvna syrovyna dlia promyslovoho pereroblennia. *Prodovolchi resursy*, 11(20), 54–60. DOI: 10.31073/foodresources2023-20-06 (in Ukrainian).
- Myroshnyk, Yu. A., Medvid, I. M., Shydlovskaya, O. B., & Dotsenko, V. F. (2014). Vykorystannia poroshkiv kalyny, horobyiny ta oblipykhy v tekhnolohii biskvitnoho napivfabrykatu. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii*, 46(1), 166–170 (in Ukrainian).
- Myroshnyk, Y. A., & Dotsenko, V. F. (2019). Dosvid vykorystannia poroshkiv z netradytsiinoi roslynnoi syrovyny v tekhnolohii boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv. *Modern engineering and innovative technologies*, 8(2), 65–71. DOI: 10.30890/2567-5273.2019-08-02-030 (in Ukrainian).
- Myroshnyk, Y., Dotsenko, V., Sharan, L., & Tsyruhnikova, V. (2020). Use of non-traditional vegetable raw materials in the technology of floury confectionary products for restaurant economy enterprises. *EUREKA: Life Sciences*, 1, 32–40. DOI: 10.21303/2504-5695.2020.001114.
- Naumenko, O. V., & Ovsienko, S. M. (2021). Vykorystannia biolohichno aktyvnykh rehovyn u khlibopechenni. *Prodovolchi resursy*, 9(17), 107–118. DOI: 10.31073/foodresources2021-17-11 (in Ukrainian).
- Ovsienko S. M., & Naumenko O. V. (2022). Vykorystannia nekhlibopekarskykh vydiv boroshna u khlibopechenni. *Prodovolchi resursy*, 11(20), 99–110. DOI: 10.31073/foodresources2023-20-10 (in Ukrainian).
- Ovsienko, S. M. (2024). Zbahachennia khlibobulochnykh vyrobiv netradytsiinoiu syrovynoiu. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S. Z. Gzhytskoho. Seriia: Kharchovi tekhnolohii*, 26(101), 164–170. DOI: 10.32718/nvvet-f10124 (in Ukrainian).
- Rohova, A. L., Choni, I. V., Polozhyshnykova, L. O., & Shydakova-Kameniuka, O. H. (2020). Vykorystannia inulinovmisnoi syrovyny v tekhnolohii diabetichnykh pisochnykh vyrobiv. *Naukovyi visnyk Poltavskoho*

- universytetu ekonomiky i torhivli, 1(96), 8–15. DOI: 10.37734/2518-7171-2020-1-1 (in Ukrainian).
- Rohova, A. L., Hryzovska, L. O., & Choni, I. V. (2023). Obgruntuvannia vykorystannia poroshku shypshyny v tekhnolohii biskvitnykh vyrobiv. Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky, 33, 66–73. DOI: 10.36477/2522-1221-2023-33-10 (in Ukrainian).
- Samokhvalova, O. V., Hrevtseva, N. V., Brykova, T. M., & Hryhorenko, A. M. (2016). Vplyv poroshku z vynohradnykh kistochok na yakist zdobnoho pechyva. Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii, 3/11(81), 61–66 DOI: 10.15587/1729-4061.2016.69838 (in Ukrainian).
- Sheludko, V. M. (2020). Vykorystannia oblipykhy v tekhnolohii suchasnykh boroshnianykh vyrobiv. Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli, 1(96), 16–21. DOI: 10.37734/2518-7171-2020-1-2 (in Ukrainian).
- Sheludko, V. M. (2021). Obgruntuvannia tekhnolohii kraffiniv pidvyshchenoi kharchovoi tsinnosti. Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky, 28, 59–65. DOI: 10.36477/2522-1221-2021-28-09 (in Ukrainian).
- Sheludko, V. M. (2021). Rozshyrennia asortymentu suchasnykh boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv pidvyshchenoi kharchovoi tsinnosti. Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky, 26, 71–77. DOI: 10.36477/2522-1221-2021-26-10 (in Ukrainian).
- Zhukova, V. F. & Tarasenko, V. H. (2021). Polipshennia yakosti kondyterskykh vyrobiv za rakhunok vykorystannia netradytsiinoi syrovyny. Innovatsii ta tekhnolohii v sferi posluh i kharchuvannia, 1-2(3-4), 44–50. DOI: 10.24025/2708-4949.1-2(3-4).2021.241483 (in Ukrainian).



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707–5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10212
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 577.1:579.222:615.015:636.085

Encapsulation of hydrophobic bioactive compounds in yeast cells: mechanisms, challenges, and applications in biotechnology

A. Sobolieva¹, N. Shemediyuk¹, V. Muzyka^{1,2}, O. Rudenko¹, Kh. Malysheva¹✉

¹Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

²State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Lviv, Ukraine

Article info

Received 12.08.2024
Received in revised form
12.09.2024
Accepted 13.09.2024

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-096-765-91-28
E-mail:
khrystyna.malysheva@gmail.com

State Scientific-Research Control
Institute of Veterinary Medicinal
Products and Feed Additives,
Donetska str., 11, Lviv,
79019, Ukraine.

Sobolieva, A., Shemediyuk, N., Muzyka, V., Rudenko, O., & Malysheva, Kh. (2024). Encapsulation of hydrophobic bioactive compounds in yeast cells: mechanisms, challenges, and applications in biotechnology. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 80–84. doi: 10.32718/nvlvet-f10212

Encapsulation of hydrophobic bioactive compounds represents a transformative approach in biotechnology for enhancing stability, bioavailability, and controlled release of these molecules. This review explores key aspects of hydrophobic bioactive compounds, including their types, properties, and applications across diverse fields such as pharmaceuticals, nutraceuticals, and cosmetics. Challenges associated with the stability and bioavailability of hydrophobic compounds, driven by their susceptibility to environmental factors like light, oxygen, and temperature, are critically analyzed. The potential of yeast cells, particularly *Saccharomyces cerevisiae*, as biocompatible and biodegradable encapsulation platforms is discussed in detail. The robust cell wall structure, composed of β -glucans, mannans, and chitin, provides a natural barrier that protects encapsulated substances from degradation while enabling the gradual release of active ingredients. Advanced encapsulation techniques, such as the use of polysaccharide coatings, microgels, and nanoparticles, are evaluated for their ability to enhance encapsulation efficacy and delivery efficiency. Moreover, the application of biopolymers and auxiliary substances to improve the protective capabilities of encapsulated systems is explored. Finally, cutting-edge analytical methods, including spectrophotometry and high-performance liquid chromatography, are presented for assessing stability, bioavailability, and release profiles of encapsulated compounds. This review underscores the significant potential of yeast cell encapsulation in addressing challenges in biotechnology, offering innovative solutions for sustainable and effective delivery systems.

Key words: hydrophobic bioactive compounds, yeast cell encapsulation, *Saccharomyces cerevisiae*, encapsulation methods, biotechnology applications.

Introduction

Encapsulation of hydrophobic bioactive compounds (BACs) within yeast cells represents a transformative biotechnology approach, addressing challenges related to stability, bioavailability, and controlled release. Hydrophobic bioactive molecules, including carotenoids, vitamins A and D, phenolic compounds, and fatty acids, offer significant health benefits and functional applications. However, their sensitivity to environmental stressors such as light, oxygen, heat, and moisture, coupled with low water solubility, limits their effectiveness and shelf life. Encapsulation within yeast cells, particularly *Saccharomyces cerevisiae*, overcomes these limitations by providing a protective barrier that stabilizes the compounds and facilitates gradual, controlled release under specific con-

ditions (Güenal-Köroğlu et al., 2024; Rezagholizade-Shirvan et al., 2024).

The robust cell wall of yeast cells, composed of β -glucans, chitin, and glycoproteins, plays a crucial role in shielding encapsulated substances from degradation while preserving their biological activity. Applications of yeast-based encapsulation extend to functional foods, pharmaceuticals, nutraceuticals, cosmetics, and animal feed. Encapsulation enhances the resistance of carotenoids to oxidative and thermal degradation, making them effective functional additives. In animal feed, this technology improves nutrition, supports health, and prevents diseases by ensuring the gradual release of active compounds, enhancing bioavailability and reducing the need for antibiotics (Dadkhodazade et al., 2021; Tolve et al., 2021).

This review explores the mechanisms, challenges, and applications of yeast-based encapsulation for hydrophobic bioactive compounds. It examines the structural attributes of yeast cells, advanced encapsulation techniques, and analytical methods used to assess encapsulation efficacy. By addressing these topics, the review underscores the sustainability and versatility of yeast-based encapsulation in improving the performance of hydrophobic BACs across diverse industries

Types, properties, and applications of hydrophobic bioactive compounds for encapsulation. BACs are essential components that regulate physiological processes and support health. They can be derived naturally, synthetically, or through biotechnological methods. Major groups of BACs include alkaloids, terpenoids, flavonoids, and phenolic compounds, each offering unique benefits. Alkaloids, such as morphine and caffeine, provide analgesic and stimulant effects. Terpenoids, like carotenoids and camphor, act as potent antioxidants and are widely used in food and cosmetics. Flavonoids, such as quercetin and rutin, are renowned for their anti-inflammatory and anti-cancer properties, while phenolic compounds like tannins exhibit strong antimicrobial activity (Gupta et al., 2015).

Hydrophobic bioactive substances, including carotenoids, vitamins A, D, E, fatty acids, and antioxidants, play crucial roles in immune support, antioxidant defense, and chronic disease prevention. However, their low solubility and sensitivity to light, oxygen, and temperature often limit their effectiveness. Encapsulation techniques significantly enhance the stability, bioavailability, and controlled release of these compounds. Protective coatings made from polysaccharides, proteins, or synthetic polymers shield compounds from degradation, ensuring their prolonged activity and gradual release (Günel-Köroğlu et al., 2024; Rezagholizade-Shirvan et al., 2024).

Table 1
Strategies to improve stability and bioavailability

Strategy	Description
Nanotechnology	The use of nanoparticles enhances the solubility and stability of hydrophobic compounds. Nanocapsulation protects active ingredients from degradation and improves absorption.
Lipid-based delivery systems	Liposomes, nanoemulsions, and lipid nanoparticles encapsulate hydrophobic compounds, enhancing solubility and shielding them from external factors, while improving gastrointestinal absorption.
Surfactants	Surfactants form micelles with hydrophobic cores, allowing hydrophobic compounds to dissolve in aqueous environments, thereby improving stability and bioavailability.
Chemical modification	Altering the chemical structure of hydrophobic compounds, such as forming prodrugs, enhances solubility, stability, and absorption in the body.
Polymeric carriers	Polymeric matrices encapsulate hydrophobic substances, protecting them from degradation and enabling controlled release, thereby improving bioavailability.

Careful evaluation of these methods ensures safe and effective application in diverse industries.

The use of yeast cells in biotechnology: structure, properties, and encapsulation capabilities of *S. cerevisiae*. Yeast cells, particularly *S. cerevisiae*, are emerging as efficient bioinspired carriers for encapsulating BACs. Their robust cell walls, composed of β -glucans, mannans, chitin, and glycoproteins, provide mechanical stability and multifunctionality (Günel-Köroğlu et al., 2024).

BACs find diverse applications in multiple industries. In medicine, they serve as active pharmaceutical ingredients. In the food industry, they enrich products with functional benefits, while in cosmetics, they enhance formulations for skin and hair care. In agriculture, BACs are crucial for developing biopesticides and growth stimulators, promoting plant health and productivity (Dadkhodazade et al., 2021; Narayanankutty et al., 2024).

In the feed industry, encapsulated BACs improve livestock nutrition, immunity, and productivity. Carotenoids and fatty acids in animal diets enhance growth, immune response, and product quality, such as milk's nutritional content or egg yolk pigmentation. Controlled release ensures optimal absorption, maximizing efficacy and reducing waste, making BACs indispensable for sustainable agricultural practices (Tolve et al., 2021). Modern biotechnological advancements further optimize BAC utilization across these fields (Günel-Köroğlu et al., 2024).

Challenges of stability and bioavailability of hydrophobic compounds. Hydrophobic BACs, including certain vitamins and polyphenols, face challenges like low water solubility, environmental sensitivity, and poor bioavailability. These factors hinder their stability, absorption, and therapeutic effectiveness, especially in pharmaceuticals and food products. Sensitivity to light, oxygen, and temperature can cause degradation and reduced shelf life. Low solubility in aqueous environments also limits absorption in the gastrointestinal tract, resulting in unpredictable bioavailability. Encapsulation strategies improve stability, bioavailability, and controlled release, enhancing their efficacy across pharmaceuticals, food, and cosmetics (Table 1) (Ameta et al., 2023; Kumari et al., 2023).

β -glucans retain moisture and maintain osmotic balance, mannans and chitin form bonds with bioactive molecules, and surface glycoproteins enable specific interactions. These properties facilitate the encapsulation of diverse molecules, including hydrophobic compounds like carotenoids and hydrophilic ones such as peptides. The microporous structure of the cell wall enhances molecule integration while shielding encapsulated compounds from light, oxygen, and temperature, preserving stability and bioactivity (Jofre et al., 2024).

Advanced techniques, such as microgels, liposomes, and nanoparticles, enhance the controlled release of encapsulated substances triggered by environmental factors like pH or temperature changes (Utama et al., 2023). This precision release mechanism is vital in therapeutic and dietary applications, ensuring prolonged efficacy and reduced side effects. In agriculture, encapsulated nutrients in yeast cells function as animal feed additives, supporting health and disease prevention through sustained nutrient release (Jofre et al., 2024).

Yeast cells are biocompatible, biodegradable, and safe for use in food and medical products. Their versatility extends to pharmaceuticals, nutraceuticals, and enzymes, with the added ability to modify encapsulated compounds

for improved bioavailability and therapeutic impact. *S. cerevisiae* exemplifies an ideal encapsulation platform, leveraging its structural and functional capabilities to enhance the stability, delivery, and efficacy of bioactive compounds across multiple industries (Jofre et al., 2024).

Methods of encapsulation of substances in yeast cells. Encapsulation of BACs in yeast cells leverages their robust cell walls and versatility to ensure stability, protection, and controlled release. Effective encapsulation requires tailored methods, including pretreatments and advanced techniques, to optimize permeability and loading capacity. The general scheme of yeast cell encapsulation process is shown in Figure 1.

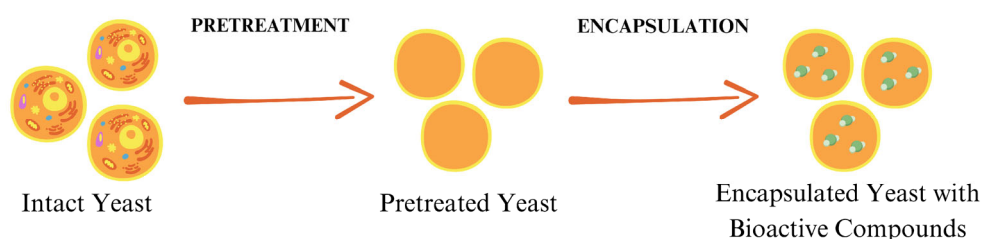


Fig. 1. Yeast cell encapsulation process

Pretreatment of yeast cells is essential for enhancing their permeability, porosity, and encapsulation efficiency for BACs. Depending on the compound's properties, methods include chemical, enzymatic, and physical approaches. Chemical pretreatments, such as acid-base hydrolysis and plasmolysis, enhance cell wall permeability and facilitate cytoplasmic leakage. Enzymatic methods, utilizing proteases or glucanases, degrade cell walls to boost porosity and loading capacity. Physical techniques, including pulsed electric fields, ultrasonication, and heat treatments, disrupt cell membranes to improve

encapsulation efficiency. While these methods enhance encapsulation, they may damage cells or increase costs, requiring careful optimization for specific applications (Günel-Köroğlu et al., 2024).

Encapsulation of BACs in yeast cells is a promising delivery method that ensures stability, protection, and controlled release of active molecules. Several approaches to encapsulation have been developed, each with unique features and advantages (Table 2) (Sarkar & Mackie, 2020; Zabot et al., 2022; Günel-Köroğlu et al., 2024).

Table 2
Encapsulation methods

Method	Description	Application
Encapsulation using the yeast cell wall	The yeast cell wall, composed of β -glucan, mannans, and chitin, provides mechanical strength and biocompatibility. These components interact with bioactive molecules, forming complexes that protect encapsulated substances from external factors.	Suitable for delivering vitamins, carotenoids, and other nutraceuticals.
Microgel encapsulation	Microgels derived from polysaccharides or synthetic polymers can be integrated into the yeast cell wall or used to encapsulate active molecules inside the cell. Controlled release occurs in response to pH or temperature changes.	Useful for therapeutic applications requiring controlled release
Liposomal encapsulation	Liposomes, microscopic vesicles with bilayer lipid membranes, can encapsulate hydrophobic molecules. They can be incorporated into the yeast cell wall or used to encapsulate molecules within the cell.	Ensures protection and controlled release of active compounds.
Nanoparticles	Biocompatible nanoparticles can encapsulate active molecules inside yeast cells, offering high encapsulation efficiency and precise control over release.	Critical for therapeutic applications requiring high precision in the delivery of bioactive compounds.
Chemical modification of the yeast cell wall	Chemical modifications to yeast cell wall components, such as β -glucan or mannans, enhance their capacity for encapsulation and interaction with bioactive molecules.	Enables customization of yeast cell wall properties for specific applications.

The choice of encapsulation method depends on the physicochemical properties of the active molecule, re-

quirements for stability and bioavailability, and specific application conditions. Combining different approaches

can provide optimal results for the delivery of BACs using yeast cells.

Application of biopolymers and other auxiliary substances. Biopolymers such as alginate, carrageenan, and pectin are commonly used to enhance the efficiency and stability of encapsulated molecules in yeast cells. Alginate, derived from brown algae, forms protective gels through calcium mixing, shielding substances from degradation and enabling controlled release under varying pH or temperature conditions. Proteins like gelatin and casein create stable emulsions, offering additional protection. For specific needs, synthetic polymers like polylactic acid (PLA) and poly(lactic-co-glycolic acid) (PLGA) are used to produce robust nanoparticles, ensuring improved encapsulation and delivery efficiency (Utama et al., 2023).

Advanced analytical approaches for evaluating encapsulation efficacy. *Assessment of stability in encapsulated compounds.* Evaluating the stability of encapsulated bioactive compounds is crucial for determining their durability during storage and delivery. Spectrophotometric methods quantify active component concentrations over time, while high-performance liquid chromatography (HPLC) provides detailed analyses of compositional changes, enabling precise monitoring of degradation patterns.

Evaluation of bioavailability and controlled release. Bioavailability is assessed using *in vitro* methods like membrane diffusion assays that simulate gastrointestinal (GI) conditions. These techniques reveal release mechanisms and absorption kinetics of active molecules. Advanced tools such as X-ray diffraction and electron microscopy offer insights into structural and stability characteristics, aiding understanding of their behavior under physiological conditions.

Case study: enhancing carotenoid stability with yeast cells and biopolymers. A study involving *S. cerevisiae* highlighted the use of polysaccharide-based biopolymers (e.g., alginate, carrageenan, gelmuth) for encapsulating hydrophobic carotenoids (Ameta et al., 2023). Biopolymers formed protective barriers around yeast cells, shielding carotenoids from oxidative stress, temperature fluctuations, and light-induced degradation, while enhancing bioavailability.

Physical treatments activated yeast cells, increasing their carotenoid absorption. Alginate coatings created robust gel structures, offering additional protection. Encapsulation significantly reduced carotenoid loss during storage compared to non-encapsulated molecules.

Under simulated GI conditions, carotenoids exhibited gradual release, ensuring controlled dosing and enhanced bioavailability. This sustained release improves therapeutic and nutritional efficacy while minimizing side effects (Ameta et al., 2023).

Conclusions

Yeast cell encapsulation is an innovative strategy to enhance the stability, bioavailability, and controlled release of hydrophobic BACs. The robust yeast cell wall acts as a natural shield against environmental stressors, minimizing degradation and extending the efficacy of encapsulated substances. This versatile, biocompatible

method has broad applications in food, pharmaceuticals, cosmetics, and animal feed. In animal nutrition, encapsulation ensures the gradual release of vitamins, antioxidants, and essential fatty acids, improving livestock health, productivity, and disease prevention. Additionally, incorporating sustainable practices, such as repurposing brewing byproducts, aligns with circular economy goals. Yeast cell encapsulation offers significant potential for advancing biotechnology across diverse industries.

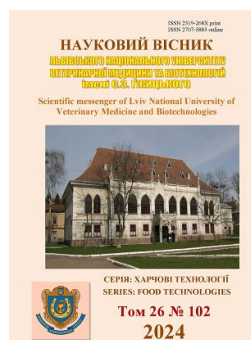
Conflict of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- Ameta, R. K., Soni, K., & Bhattarai, A. (2023). Recent Advances in Improving the Bioavailability of Hydrophobic/Lipophilic Drugs and Their Delivery via Self-Emulsifying Formulations. *Colloids and Interfaces*, 7(1), 16. DOI: 10.3390/colloids7010016.
- Bishop, J. R., Nelson, G., & Lamb, J. (1998). Microencapsulation in yeast cells. *Journal of microencapsulation*, 15(6), 761–773. DOI: 10.3109/02652049809008259.
- Dadkhodazade, E., Khanniri, E., Khorshidian, N., Hosseini, S. M., Mortazavian, A. M., & Kia, E. M. (2021). Yeast cells for encapsulation of bioactive compounds in food products: A review. *Biotechnology Progress*, 37(4), e3138. DOI: 10.1002/btpr.3138.
- Günal-Köroğlu, D., Bilgin, A. B., Karabulut, G., Saricaoglu, B., & Capanoglu, E. (2024). Encapsulation of hydrophobic compounds in yeast cells: Methods, characterization, and applications. *Exploration of Foods and Foodomics*, 2, 252–274. DOI: 10.37349/eff.2024.00037.
- Gupta, V. K., Tuohy, M., Lohani, M., & O'Donovan, A. (2015). *Biotechnology of bioactive compounds: Sources and applications*. Wiley. DOI: 10.1002/9781118733103.
- Jofre, F. M., Queiroz, S., Sanchez, D. A., Arruda, P. V., & Felipe, A. (2024). Biotechnological potential of yeast cell wall: An overview. *Biotechnology Progress*, 40(6), e3491. DOI: 10.1002/btpr.3491.
- Kumari, L., Choudhari, Y., Patel, P., Gupta, G. D., Singh, D., Rosenholm, J. M., Bansal, K. K., & Kurmi, B. D. (2023). *Advancement in Solubilization Approaches: A Step towards Bioavailability Enhancement of Poorly Soluble Drugs*. *Life*, 13(5), 1099. DOI: 10.3390/life13051099.
- Narayanankutty, A., Famurewa, A. C., & Oprea, E. (2024). *Natural Bioactive Compounds and Human Health*. *Molecules*, 29(14), 3372. DOI: 10.3390/molecules29143372.
- Rezagholidade-Shirvan, A., Soltani, M., Shokri, S., Radfar, R., Arab, M., & Shamloo, E. (2024). Bioactive compound encapsulation: Characteristics, applications in food systems, and implications for human health. *Food chemistry: X*, 24, 101953. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101953.
- Sarkar, A., & Mackie, A. R. (2020). Engineering oral delivery of hydrophobic bioactives in real-world scenarios. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 48, 40–52. DOI: 10.1016/j.cocis.2020.03.009.
- Tolve, R., Tchuente-Magaia, F., Di Cairano, M., Caruso, M. C., Scarpa, T., & Galgano, F. (2021). Encapsulation of bioactive compounds for the formulation of

- functional animal feeds: The biofortification of derivative foods. *Animal Feed Science and Technology*, 279, 115036. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115036.
- Utama, G. L., Oktaviani, L., Balia, R. L., & Rialita, T. (2023). Potential Application of Yeast Cell Wall Biopolymers as Probiotic Encapsulants. *Polymers*, 15(16), 3481. DOI: 10.3390/polym15163481.
- Zabot, G. L., Schaefer Rodrigues, F., Polano Ody, L., Vinícius Tres, M., Herrera, E., Palacin, H., Córdova-Ramos, J. S., Best, I., & Olivera-Montenegro, L. (2022). Encapsulation of Bioactive Compounds for Food and Agricultural Applications. *Polymers*, 14(19), 4194. DOI: 10.3390/polym14194194.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10213
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 577.21:576.31:616-006

Regulation of proliferative potential: insights into key signaling cascades and telomerase functions

O. Tolok, Kh. Malysheva✉

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 14.08.2024
Received in revised form
16.09.2024
Accepted 17.09.2024

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-096-765-91-28
E-mail:
khrystyna.malysheva@gmail.com

Tolok, O., & Malysheva, Kh. (2024). Regulation of proliferative potential: insights into key signaling cascades and telomerase functions. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 85–90. doi: 10.32718/nvlvet-f10213

Cell proliferation is a fundamental biological process that underpins tissue growth, repair, and regeneration, playing a pivotal role in both normal physiology and pathological conditions. The ability of cells to proliferate is intricately controlled by regulatory networks comprising transcription factors, signaling pathways, and telomerase activity. This review delves into the molecular mechanisms that govern cell proliferation, focusing on the critical signaling cascades – PI3K/Akt, MAPK, Wnt/β-catenin, and NF-κB – which orchestrate cell cycle progression and mediate cellular responses to external stimuli. Dysregulation of these pathways is linked to numerous disorders, including cancer, where unchecked proliferation drives disease progression. Special emphasis is placed on Yamanaka factors (OCT4, SOX2, KLF4, c-MYC, NANOG, and LIN28), which are instrumental in maintaining cellular pluripotency and promoting a high proliferative potential. These factors not only reprogram somatic cells into induced pluripotent stem cells (iPSCs) but also enhance regenerative capabilities, making them indispensable tools for tissue engineering and regenerative medicine. Their interaction with core signaling pathways and their ability to influence gene networks highlight their multifaceted roles in cellular biology. Telomerase, a ribonucleoprotein traditionally recognized for its function in telomere maintenance, is revisited in this review for its non-canonical roles. Emerging evidence indicates that telomerase modulates gene expression and interacts with signaling pathways to influence proliferation. These insights expand our understanding of telomerase beyond its established role in genomic stability, positioning it as a key regulator in cellular proliferation and potential therapeutic target. This review synthesizes current knowledge on these mechanisms, emphasizing their interconnectedness and translational potential. By highlighting advances in our understanding of proliferative regulation, the article underscores the therapeutic opportunities in leveraging these pathways for regenerative medicine, tissue engineering, and oncology. The ability to modulate proliferation through targeted interventions offers promise for addressing unmet clinical needs, advancing personalized medicine, and enhancing outcomes in tissue repair and cancer therapies. As research continues to uncover novel roles and interactions within these networks, the potential for developing innovative strategies to control proliferation remains vast, heralding a new era in biomedical science.

Key words: proliferation, transcription factors, signaling pathways, TERT, differentiation, iPSC.

Introduction

Cell proliferation is a fundamental biological process that ensures growth, development and tissue regeneration in multicellular organisms. It consists of controlled cell division, which is regulated by numerous intracellular and intercellular signals. At the molecular level, proliferation depends on the coordinated work of cell cycle regulators, such as cyclins, cyclin-dependent kinases (CDKs), and their inhibitors (Liu et al., 2019). Together, these compo-

nents ensure the correct sequence of events from DNA replication to cell division.

Cell proliferation is tightly controlled by exogenous signals, including growth factors, cytokines and hormones, which activate signaling pathways such as PI3K/Akt, MAPK, Wnt/β-catenin, NF-κB and JAK/STAT (Guo et al., 2024). These pathways regulate the expression of genes responsible for maintaining cell mass, synthesizing biomolecules and meeting the cell's energy needs. In addition, intracellular mechanisms such as telomerase function and chromatin modification also ensure

long-term maintenance of proliferative potential (Teichroeb et al., 2016).

However, excessive or insufficient proliferation can lead to pathology. For example, hyperactivity of proliferation is characteristic of oncological diseases, while its deficiency complicates tissue regeneration (Dvorak et al., 1986). The key molecular mechanisms regulating cell proliferation will be reviewed below, with a special emphasis on the role of signaling pathways, transcription factors and interactions with telomerase. Understanding these processes is essential for the development of new therapeutic strategies in cancer treatment, tissue engineering and regenerative medicine.

Signaling pathways involved in the regulation of proliferation. To understand cell proliferation, it is important to understand what underlies its regulation, namely signaling pathways. These pathways transmit extracellular signals to intracellular machinery, dictating the progression of the cell cycle and division.

The mechanisms of cell proliferation cannot be fully understood without a detailed analysis of the signaling pathways that regulate this process. Signals coming from the external environment or from neighboring cells activate complex cascades of molecular interactions that determine the fate of the cell: continuing its division, transition to a quiescent state, or initiating differentiation. The main regulatory pathways are PI3K/Akt, MAPK, Wnt/ β -catenin, NF- κ B, JAK/STAT, and others, each of which has specific functions in response to stimuli (Guo et al., 2024).

MAPK/ERK signaling pathway. One of the major pathways is the MAPK/ERK pathway. Activation begins when extracellular mitogens bind to receptor tyrosine kinases (RTKs), leading to the recruitment and activation of the RAS GTPase. RAS subsequently activates RAF kinase, which phosphorylates and activates MEK, whose constitutive activity can induce proliferation (Seger et al., 1994; Zhang & Liu, 2002). MEK then phosphorylates ERK, the final kinase in this cascade. Activated ERK translocates to the nucleus, where it phosphorylates transcription factors such as Elk-1, Sap-1a, Ets1, c-Myc, Tal, which control cell cycle progression (Zhang & Liu, 2002).

PI3K/Akt signaling pathway. Another critical pathway is the PI3K/Akt pathway, which is important in the process of cell division. The PI3K/Akt pathway has been shown to be activated and enhanced by several biological molecules, including epidermal growth factor (EGF), Sonic hedgehog (SHH), insulin-like growth factor (IGF)-1, insulin, and calmodulin (CALM) (Peltier et al., 2007; Rafalski & Brunet, 2011). Activation of PI3K results in phosphorylation and activation of Akt, which localizes at the cell membrane. Activated Akt performs diverse biological functions, including activation of cAMP response element-binding protein, inhibition of p27, activation of phosphatidylinositol 3-phosphate (PtdIns3 p or PI3P), and activation of the mammalian target of rapamycin (mTOR), which induce biological effects including those involved in cell proliferation, inhibition of apoptosis, cell migration, vesicle transportation, and cancerous cell transformation (Rafalski & Brunet, 2011; Xie et al., 2019).

JAK/STAT signaling pathway. The JAK/STAT pathway is also an integral part of cell proliferation. This

signaling pathway is activated by cytokines, including interleukin 2-7 (IL-2-7), granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF), growth hormone (GH), epidermal growth factor (EGF), platelet-derived growth factor (PDGF), and interferons (IFN) (O'Shea et al., 2015). Cytokines, by binding to their corresponding receptors, activate associated JAK kinases, which then phosphorylate STAT transcription factors. Phosphorylated STATs dimerize and translocate to the nucleus, where they induce the expression of genes encoding c-Myc, Bcl-xL, p21, SOCS, Nml (Rawlings et al., 2004), Bcl2, Mcl-1, Survivin, and Cyclin D1 (Groner & von Manstein, 2017), which are involved in biological processes such as proliferation, differentiation, apoptosis, and immune regulation (Xin et al., 2020).

Wnt/ β -catenin signaling pathway. The Wnt/ β -catenin pathway plays an important role in cell proliferation through the regulation of gene expression involved in proliferation and differentiation and is especially important in stem and cancer cells. After binding of Wnt ligands to Frizzled receptors, the degradation complex, which includes APC, Axin, and GSK3 β (which also plays a role in the regulation of mTOR and AKT), is inhibited. This inhibition prevents phosphorylation and subsequent degradation of β -catenin by the proteasome, allowing it to accumulate and translocate to the nucleus (Hernández et al., 2012). In the nucleus, β -catenin interacts with TCF/LEF transcription factors to regulate genes involved in proliferation and differentiation (Rim et al., 2022), such as MYC, CCND1, LGR5, SNAIL, IFNG, CCL28, CD274, etc. (Katoh & Katoh, 2022).

NF- κ B signaling pathway. NF- κ B is another signaling pathway that plays a crucial role in proliferation and is also key in the response of cells to inflammatory signals. Activation of NF- κ B is initiated by signal-induced degradation of I κ B proteins. This occurs mainly through the activation of IKK kinase. The kinase is activated as a result of the cell receiving cytokines such as TNF- α or IL-1 (Guo et al., 2024). IKK phosphorylates two serine residues located in the regulatory domain of I κ B. Once phosphorylated, I κ B is ubiquitinated, leading to its degradation by the proteasome. After degradation of I κ B, the NF- κ B complex is released to enter the nucleus, where it turns on the expression of specific genes, in particular BCL2, which have DNA binding sites for NF- κ B (Guo et al., 2024). Activation of these genes by NF- κ B can lead to inflammatory, immune responses, or cell proliferation. In addition, NF- κ B is involved in the degradation of p53, in result it leads to cell survival responses (Taniguchi & Karin, 2018). It should also be noted that NF- κ B signaling can induce genes encoding important proteins for proliferation, such as PI3K/AKT, MAPK, JAK-STAT, TGF- β , Wnt, Notch, Hedgehog, and TLR (Guo et al., 2024).

Yamanaka factors increase the proliferative potential. Signaling pathways that regulate cell proliferation operate in close conjunction with transcription factors that act as executors of these signals. One of the most important regulators of proliferative potential are the Yamanaka factors, which are used to reprogram differentiated to pluripotent cells (iPSCs): OCT4, SOX2, KLF4, c-MYC, NANOG and LIN28 (Fig. 1).

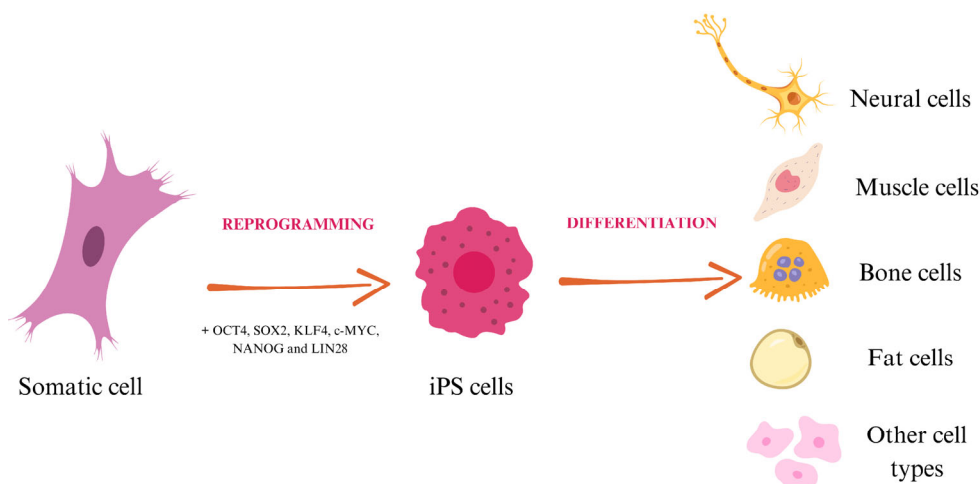


Fig. 1. Scheme of induced pluripotent stem (iPS) cells: reprogramming process and differentiation pathways

In addition to the role of these factors in inducing cell reprogramming, they also provide support for the pluripotent state by maintaining the proliferative potential and the undifferentiated state of cells. Yamanaka factors (OCT3/4, SOX2, KLF4 and c-MYC), the so-called OSKMs capable of coordinated action, are able to reprogram somatic cells into pluripotent cells (Takahashi & Yamanaka, 2006). In addition to canonical OSKM, other combinations of factors are also used to reprogram cells, in particular OCT4, SOX2, NANOG, LIN28 (Yu et al., 2007). The reprogramming process occurs due to epigenetic changes during which genes specific for somatic cells are inactivated, and genes of pluripotent states are activated (Takahashi & Yamanaka, 2016). In addition, in the reprogramming processes, there is a displacement of somatic cell-specific transcription factors from enhancers and promoters, and subsequent activation of pluripotency enhancers by specific transcription factors (Chronis et al., 2017). The reprogramming process begins with a change in the chromatin methylation map under the action of OSKM.

Among OSKMs, SOX2 has a particularly strong influence on DNA methylation through its ability to maintain a hypomethylated state of the cell, through its ability to induce DNA demethylation at its binding sites, and by protecting against *de novo* methylation (Vanzan et al., 2021). Although the exact mechanisms of these processes are still unknown, it has been confirmed (Vanzan et al., 2021) that SOX2 shows improved efficiency and stability of demethylation in combination with OCT4, which is due to the stabilization of SOX2.

OCT4 targets to binding sites located in the promoters of housekeeping genes, as well as sites located in both the promoters and enhancers of pluripotency genes (Chen et al., 2016). Occupancy of these gene regions ensures their stable expression, both in pluripotent cells and in cells undergoing reprogramming (Roberts et al., 2021). In addition, the binding sequence of OCT4 ensures the appropriate order of activation of genes required for the maintenance of pluripotency (Chen et al., 2016).

The transcription factor KLF4 can, both independently and in combination with the OCT4-SOX2 complex, regulate the activity by binding to enhancers and ensuring the

expression of bound genes, which are key genes regulating stem cell proliferation, such as *LEFTY1* (Nakatake et al., 2006), *CHD1* (Smith et al., 2016), *NANOG* (Di Giammartino et al., 2019), *ESRRB* (Di Giammartino et al., 2019), and is also involved in the autoregulation of KLF4 and SOX2 (Di Giammartino et al., 2019).

c-MYC is already targeted to open promoters, before binding c-MYC dimerizes through the C-terminal domain with MAX, which in the complex binds to the E-boxes (5'-CACGTG-3') of relaxed genes (Park et al., 2004), after which a number of factors, including TRRAP, GCN5 and TBP, join the complex through the N-terminal domain of c-MYC. This complex is already capable of activating transcription of target genes through chromatin modifications (Dang, 2012).

In contrast, MYC is also able to inhibit the transcription of other genes when in a complex with MIZ1. In somatic cells, this mechanism is blocked by TGF- β , which blocks Miz1 by binding to it, but in the presence of c-MYC, it binds to MIZ-1, bypassing its blocking, as a result of which the complex is able to inhibit the synthesis of a number of genes, in particular *CDKN2B* (p15INK4b), which leads to cell cycle activation (Dang, 2012).

NANOG maintains a high proliferative potential by inhibiting DNMT1, the main DNA methyltransferase responsible for maintaining the methylation status during DNA replication (Pitrone et al., 2019). Its inhibition ensures the stability of the dimethylated state of genes that ensure proliferation (Vanzan et al., 2021). NANOG is closely associated with OCT4 and SOX2, and inhibition of NANOG leads to a decrease in their activity and, as a result, to cell differentiation (Pitrone et al., 2017).

LIN28 enhances proliferation by maintaining low levels of let-7 family miRNAs, which are inhibitors of cell cycle regulators such as K-RAS, cMYC, CDC25A, cyclinD1, and stem cell factors HMGA2, Mlin-41, and IMP-1 (Heo et al., 2008; Na et al., 2010). LIN28 binds to let-7 miRNA precursors and degrades them, thus allowing the activation of proliferative targets (Heo et al., 2008).

The role of telomerase in regulating cell proliferation. Transcription factors such as OCT4, SOX2, and others create a favorable environment for proliferation, but this process is not possible without maintaining genome sta-

bility. A key component in this is telomerase, which plays both a traditional role in telomere elongation and alternative functions in regulating gene expression and signaling pathways associated with proliferation.

Telomeres are linear, guanine-rich DNA structures at the ends of chromosomes. The length of telomeric DNA is actively regulated by a number of mechanisms in highly proliferative cells such as germ cells, cancer cells, and pluripotent stem cells (Teichroeb et al., 2016). Telomeric DNA is synthesized by a ribonucleoprotein called telomerase, which contains a reverse transcriptase subunit (TERT) and an RNA component (TERC) (Terada et al., 2020). TERT activity can be regulated by KLF4, which is able to bind to the proximal TERT promoter using β -catenin as a cofactor (Zeng et al., 2014). The activity of this complex can also be influenced by the transcription factors TCF-4 and TCF-1, which serve to activate or inhibit TERT synthesis, respectively (Zhang et al., 2012; Hoffmeyer et al., 2017). c-MYC can also be used to activate the gene through binding to the TERT promoter (Hoffmeyer et al., 2017). However, because the level of c-MYC does not correlate with TERT levels after reprogramming somatic cells into pluripotent cells, there are doubts about the role of c-MYC in this process (Terada et al., 2020). This effect may be caused by the action of SIRT1 on the expression of NANOG, which in turn can regulate both c-MYC and KLF4 through feedback with other pluripotency factors OCT3/4 and mir145 (Xu et al., 2009; Terada et al., 2020).

Recent studies indicate that the TERT subunit, in addition to canonical telomere synthesis, also has the ability to modulate mitochondrial function, remodel chromatin structure, and participate in key signaling pathways (Terada et al., 2020).

TERT is involved in the regulation of gene expression through direct interactions with transcription factors and chromatin modifiers. For example, TERT has been shown to bind to β -catenin, a central mediator of the Wnt signaling pathway (Park et al., 2009). This interaction enhances the transcriptional activity of β -catenin, stimulating the expression of genes such as *MYC* and *CCND1*, which are critical for cell cycle progression and proliferation (Park et al., 2009). In addition, TERT modulates the activity of nuclear factor κ B (NF- κ B), through the activation of its associated Nrf2 (erythroid-2 related factor 2), which leads to increased levels of Trx, which enhances the transcription of genes associated with survival and proliferation, including TERT itself, causing a positive feedback loop (Yang et al., 2024). Another important non-canonical role of TERT is its involvement in the reduction of reactive oxygen species in mitochondria, thereby protecting cells from oxidative stress-induced damage (Terada et al., 2020). The pathways by which TERT interacts in mitochondria are being investigated but are not yet fully understood (Singhapol et al., 2013; Terada et al., 2020).

TERT acts as a key regulator of cell proliferation, providing a balance between maintaining growth and avoiding excessive proliferation. The transition from a proliferative state to differentiation involves a gradual attenuation of TERT activity in conjunction with shifts in the dynamics of signaling pathways (Yehezkel et al., 2011). In this context, the suppression of proliferative

signals and the activation of differentiation programs mark the next phase of cell fate.

Conclusion

The article highlights the key molecular mechanisms that ensure the proliferative potential of cells, including the role of transcription factors, signaling pathways and telomerase. The main signaling cascades, such as PI3K/Akt, MAPK, Wnt/ β -catenin and NF- κ B, which coordinate external and internal stimuli regulating proliferation, are analyzed. Special attention is paid to Yamanaka factors, which are critical regulators of genetic programs that support pluripotency and the ability of cells to divide. In addition to telomere elongation, telomerase is considered as a multifunctional enzyme involved in the regulation of gene expression and genome stability. These data emphasize the importance of the complex interaction of molecular mechanisms in cell cycle regulation and open prospects for the development of new therapeutic approaches in regenerative medicine and the treatment of diseases associated with an imbalance of proliferative processes.

Conflict of interest

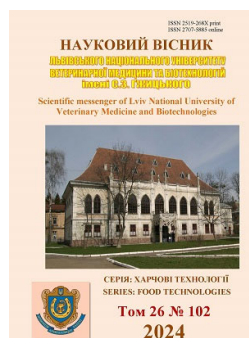
The authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- Chen, J., Chen, X., Li, M., Liu, X., Gao, Y., Kou, X., Zhao, Y., Zheng, W., Zhang, X., Huo, Y., Chen, C., Wu, Y., Wang, H., Jiang, C., & Gao, S. (2016). Hierarchical Oct4 Binding in Concert with Primed Epigenetic Rearrangements during Somatic Cell Reprogramming. *Cell reports*, 14(6), 1540–1554. DOI: 10.1016/j.celrep.2016.01.013.
- Chronis, C., Fiziev, P., Papp, B., Butz, S., Bonora, G., Sabri, S., Ernst, J., & Plath, K. (2017). Cooperative Binding of Transcription Factors Orchestrates Reprogramming. *Cell*, 168(3), 442–459.e20. DOI: 10.1016/j.cell.2016.12.016.
- Dang, C. V. (2012). MYC on the path to cancer. *Cell*, 149(1), 22–35. DOI: 10.1016/j.cell.2012.03.003.
- Di Giammartino, D. C., Kloetgen, A., Polyzos, A., Liu, Y., Kim, D., Murphy, D., Abuhashem, A., Cavaliere, P., Aronson, B., Shah, V., Dephoure, N., Stadtfeld, M., Tsigirgos, A., & Apostolou, E. (2019). KLF4 is involved in the organization and regulation of pluripotency-associated three-dimensional enhancer networks. *Nature cell biology*, 21(10), 1179–1190. DOI: 10.1038/s41556-019-0390-6.
- Dvorak H. F. (1986). Tumors: wounds that do not heal. Similarities between tumor stroma generation and wound healing. *The New England journal of medicine*, 315(26), 1650–1659. DOI: 10.1056/NEJM198612253152606.
- Groner, B., & von Manstein, V. (2017). Jak Stat signaling and cancer: Opportunities, benefits and side effects of targeted inhibition. *Molecular and cellular endocrinology*, 451, 1–14. DOI: 10.1016/j.mce.2017.05.033.

- Guo, Q., Jin, Y., Chen, X., Ye, X., Shen, X., Lin, M., Zeng, C., Zhou, T., & Zhang, J. (2024). NF- κ B in biology and targeted therapy: new insights and translational implications. *Signal transduction and targeted therapy*, 9(1), 53. DOI: 10.1038/s41392-024-01757-9.
- Heo, I., Joo, C., Cho, J., Ha, M., Han, J., & Kim, V. N. (2008). Lin28 mediates the terminal uridylation of let-7 precursor MicroRNA. *Molecular cell*, 32(2), 276–284. DOI: 10.1016/j.molcel.2008.09.014.
- Hernández, A. R., Klein, A. M., & Kirschner, M. W. (2012). Kinetic responses of β -catenin specify the sites of Wnt control. *Science (New York, N.Y.)*, 338(6112), 1337–1340. DOI: 10.1126/science.1228734.
- Hoffmeyer, K., Raggioli, A., Rudloff, S., Anton, R., Hierholzer, A., Del Valle, I., Hein, K., Vogt, R., & Kemler, R. (2012). Wnt/ β -catenin signaling regulates telomerase in stem cells and cancer cells. *Science (New York, N.Y.)*, 336(6088), 1549–1554. DOI: 10.1126/science.1218370.
- Katoh, M., & Katoh, M. (2022). WNT signaling and cancer stemness. *Essays in biochemistry*, 66(4), 319–331. DOI: 10.1042/EBC20220016.
- Liu, L., Michowski, W., Kolodziejczyk, A., & Sicinski, P. (2019). The cell cycle in stem cell proliferation, pluripotency and differentiation. *Nature cell biology*, 21(9), 1060–1067. DOI: 10.1038/s41556-019-0384-4.
- Na, J., Plews, J., Li, J., Wongtrakoongate, P., Tuuri, T., Feki, A., Andrews, P. W., & Unger, C. (2010). Molecular mechanisms of pluripotency and reprogramming. *Stem cell research & therapy*, 1(4), 33. DOI: 10.1186/scrt33.
- Nakatake, Y., Fukui, N., Iwamatsu, Y., Masui, S., Takahashi, K., Yagi, R., Yagi, K., Miyazaki, J., Matoba, R., Ko, M. S., & Niwa, H. (2006). Klf4 cooperates with Oct3/4 and Sox2 to activate the Lefty1 core promoter in embryonic stem cells. *Molecular and cellular biology*, 26(20), 7772–7782. DOI: 10.1128/MCB.00468-06.
- O'Shea, J. J., Schwartz, D. M., Villarino, A. V., Gadina, M., McInnes, I. B., & Laurence, A. (2015). The JAK-STAT pathway: impact on human disease and therapeutic intervention. *Annual review of medicine*, 66, 311–328. DOI: 10.1146/annurev-med-051113-024537.
- Park, J. I., Venteicher, A. S., Hong, J. Y., Choi, J., Jun, S., Shkreli, M., Chang, W., Meng, Z., Cheung, P., Ji, H., McLaughlin, M., Veenstra, T. D., Nusse, R., McCrea, P. D., & Artandi, S. E. (2009). Telomerase modulates Wnt signalling by association with target gene chromatin. *Nature*, 460(7251), 66–72. DOI: 10.1038/nature08137.
- Park, S., Chung, S., Kim, K. M., Jung, K. C., Park, C., Hahm, E. R., & Yang, C. H. (2004). Determination of binding constant of transcription factor myc-max/max-max and E-box DNA: the effect of inhibitors on the binding. *Biochimica et biophysica acta*, 1670(3), 217–228. DOI: 10.1016/j.bbagen.2003.12.007.
- Peltier, J., O'Neill, A., & Schaffer, D. V. (2007). PI3K/Akt and CREB regulate adult neural hippocampal progenitor proliferation and differentiation. *Developmental neurobiology*, 67(10), 1348–1361. DOI: 10.1002/dneu.20506.
- Pitrone, M., Pizzolanti, G., Coppola, A., Tomasello, L., Martorana, S., Pantuso, G., & Giordano, C. (2019). Knockdown of NANOG Reduces Cell Proliferation and Induces G0/G1 Cell Cycle Arrest in Human Adipose Stem Cells. *International journal of molecular sciences*, 20(10), 2580. DOI: 10.3390/ijms20102580.
- Pitrone, M., Pizzolanti, G., Tomasello, L., Coppola, A., Morini, L., Pantuso, G., Ficarella, R., Guarnotta, V., Perrini, S., Giorgino, F., & Giordano, C. (2017). NANOG Plays a Hierarchical Role in the Transcription Network Regulating the Pluripotency and Plasticity of Adipose Tissue-Derived Stem Cells. *International journal of molecular sciences*, 18(6), 1107. DOI: 10.3390/ijms18061107.
- Rafalski, V. A., & Brunet, A. (2011). Energy metabolism in adult neural stem cell fate. *Progress in neurobiology*, 93(2), 182–203. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2010.10.007.
- Rawlings, J. S., Rosler, K. M., & Harrison, D. A. (2004). The JAK/STAT signaling pathway. *Journal of cell science*, 117(Pt 8), 1281–1283. DOI: 10.1242/jcs.00963.
- Rim, E. Y., Clevers, H., & Nusse, R. (2022). The Wnt Pathway: From Signaling Mechanisms to Synthetic Modulators. *Annual review of biochemistry*, 91, 571–598. DOI: 10.1146/annurev-biochem-040320-103615.
- Roberts, G. A., Ozkan, B., Gachulincová, I., O'Dwyer, M. R., Hall-Ponsole, E., Saxena, M., Robinson, P. J., & Soufi, A. (2021). Dissecting OCT4 defines the role of nucleosome binding in pluripotency. *Nature cell biology*, 23(8), 834–845. DOI: 10.1038/s41556-021-00727-5.
- Seger, R., Seger, D., Reszka, A. A., Munar, E. S., Eldar-Finkelman, H., Dobrowolska, G., Jensen, A. M., Campbell, J. S., Fischer, E. H., & Krebs, E. G. (1994). Overexpression of mitogen-activated protein kinase kinase (MAPKK) and its mutants in NIH 3T3 cells. *The Journal of biological chemistry*, 269(41), 25699–25709. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7929275>.
- Singhapal, C., Pal, D., Czapiewski, R., Porika, M., Nelson, G., & Saretzki, G. C. (2013). Mitochondrial telomerase protects cancer cells from nuclear DNA damage and apoptosis. *PloS one*, 8(1), e52989. DOI: 10.1371/journal.pone.0052989.
- Smith, Z. D., Sindhu, C., & Meissner, A. (2016). Molecular features of cellular reprogramming and development. *Nature reviews. Molecular cell biology*, 17(3), 139–154. DOI: 10.1038/nrm.2016.6.
- Takahashi, K., & Yamanaka, S. (2006). Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell*, 126(4), 663–676. DOI: 10.1016/j.cell.2006.07.024.
- Takahashi, K., & Yamanaka, S. (2016). A decade of transcription factor-mediated reprogramming to pluripotency. *Nature reviews. Molecular cell biology*, 17(3), 183–193. DOI: 10.1038/nrm.2016.8.
- Taniguchi, K., & Karin, M. (2018). NF- κ B, inflammation, immunity and cancer: coming of age. *Nature reviews. Immunology*, 18(5), 309–324. DOI: 10.1038/nri.2017.142.
- Teichroeb, J. H., Kim, J., & Betts, D. H. (2016). The role of telomeres and telomerase reverse transcriptase isoforms in pluripotency induction and maintenance. *RNA biology*, 13(8), 707–719. DOI: 10.1080/15476286.2015.1134413.
- Terada, K., Miyake, K., Yamaguchi, H., Miyake, N., Yamanaka, K., Kojima, S., Ito, E., Inokuchi, K., & Okada, T. (2020). TERT and TERC mutations detected in cryptic dyskeratosis congenita suppress telomerase activity. *International journal of laboratory hematology*, 42(3), 316–321. DOI: 10.1111/ijlh.13176.

- Vanzan, L., Soldati, H., Ythier, V., Anand, S., Braun, S. M. G., Francis, N., & Murr, R. (2021). High throughput screening identifies SOX2 as a super pioneer factor that inhibits DNA methylation maintenance at its binding sites. *Nature communications*, 12(1), 3337. DOI: 10.1038/s41467-021-23630-x.
- Xie, Y., Shi, X., Sheng, K., Han, G., Li, W., Zhao, Q., Jiang, B., Feng, J., Li, J., & Gu, Y. (2019). PI3K/Akt signaling transduction pathway, erythropoiesis and glycolysis in hypoxia (Review). *Molecular medicine reports*, 19(2), 783–791. DOI: 10.3892/mmr.2018.9713.
- Xin, P., Xu, X., Deng, C., Liu, S., Wang, Y., Zhou, X., Ma, H., Wei, D., & Sun, S. (2020). The role of JAK/STAT signaling pathway and its inhibitors in diseases. *International immunopharmacology*, 80, 106210. DOI: 10.1016/j.intimp.2020.106210.
- Xu, N., Papagiannakopoulos, T., Pan, G., Thomson, J. A., & Kosik, K. S. (2009). MicroRNA-145 regulates OCT4, SOX2, and KLF4 and represses pluripotency in human embryonic stem cells. *Cell*, 137(4), 647–658. DOI: 10.1016/j.cell.2009.02.038.
- Yang, B., Lin, Y., Huang, Y., Shen, Y. Q., & Chen, Q. (2024). Thioredoxin (Trx): A redox target and modulator of cellular senescence and aging-related diseases. *Redox biology*, 70, 103032. DOI: 10.1016/j.redox.2024.103032.
- Yehezkel, S., Rebibo-Sabbah, A., Segev, Y., Tzukerman, M., Shaked, R., Huber, I., Gepstein, L., Skorecki, K., & Selig, S. (2011). Reprogramming of telomeric regions during the generation of human induced pluripotent stem cells and subsequent differentiation into fibroblast-like derivatives. *Epigenetics*, 6(1), 63–75. DOI: 10.4161/epi.6.1.13390.
- Yu, J., Vodyanik, M. A., Smuga-Otto, K., Antosiewicz-Bourget, J., Frane, J. L., Tian, S., Nie, J., Jonsdottir, G. A., Ruotti, V., Stewart, R., Slukvin, I. I., & Thomson, J. A. (2007). Induced pluripotent stem cell lines derived from human somatic cells. *Science (New York, N.Y.)*, 318(5858), 1917–1920. DOI: 10.1126/science.1151526.
- Zeng, S., Liu, L., Sun, Y., Xie, P., Hu, L., Yuan, D., Chen, D., Ouyang, Q., Lin, G., & Lu, G. (2014). Telomerase-mediated telomere elongation from human blastocysts to embryonic stem cells. *Journal of cell science*, 127(Pt 4), 752–762. DOI: 10.1242/jcs.131433.
- Zhang, W., & Liu, H. T. (2002). MAPK signal pathways in the regulation of cell proliferation in mammalian cells. *Cell research*, 12(1), 9–18. DOI: 10.1038/sj.cr.7290105.
- Zhang, Y., Toh, L., Lau, P., & Wang, X. (2012). Human telomerase reverse transcriptase (hTERT) is a novel target of the Wnt/ β -catenin pathway in human cancer. *The Journal of biological chemistry*, 287(39), 32494–32511. DOI: 10.1074/jbc.M112.368282.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519-268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10214
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 665.3:543.9:[634.8:631.57:66.068]

Sensory characteristics of fat-and-oil products obtained from different grape cultivars

Ye. Kotliar¹✉, B. Iegorov¹, I. Levchuk²

¹Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine

²DP Ukrmetrteststandart, Kyiv, Ukraine

Article info

Received 26.08.2024

Received in revised form

26.09.2024

Accepted 27.09.2024

Odesa National University of
Technology, Kanatna Str., 112,
Odesa, 65039, Ukraine.
Tel.: +38-097-261-94-18
E-mail: yevhenii1@ukr.net

DP Ukrmetrteststandart,
Metrological Str., 4, Kyiv,
03143, Ukraine.

Kotliar, Ye., Iegorov, B., & Levchuk, I. (2024). Sensory characteristics of fat-and-oil products obtained from different grape cultivars. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 91–97. doi: 10.32718/nvlvet-f10214

Fat-and oil products were obtained from different grape cultivars with the use of the extra virgin technology. The object of analysis was a number of grape cultivars, sources of raw materials for fat-and-oil products from grape seeds. It was found promising to study the seeds of the following grape varieties (harvested in 2019, 2020, and 2021): Lydia, Isabella, Moldova, Baco, Odesa Black, Cabernet, and of the following blends: No. 1 – Muscat Blanc + Noah (50:50), No. 2 – Riesling + Chardonnay (50:50), and No. 3 – Chardonnay + Sukholimansky (50:50). These cultivars are the ones most commonly used in the winemaking and canning industries. From the above samples, such fat-and-oil products were obtained as oil and oilcake, which underwent sensory investigation. The sensory evaluation results for the oils from various grape cultivars were as follows. For those harvested in 2019, the highest sensory score was that of Odesa Black (5.0) and Cabernet (5.0), the lowest – of blends No. 2 and No. 3 (4.9). For those harvested in 2020, the highest sensory score was that of Moldova and Odesa Black (5.0), the lowest – of Lydia (all parameters 4.9, clarity 4.8). For those harvested in 2021, the highest sensory score was that of Odesa Black (5.0), the lowest – of blend No. 1 (all parameters 4.7). The sensory evaluation results for the oilcake from grape seeds were as follows. For the seeds of grapes harvested in 2019, the highest sensory score was that of Odesa Black (5.0), the lowest – of blend No. 3 (4.7). For those harvested in 2020, the highest sensory score was that of Moldova and Odesa Black (5.0), the lowest – of Lydia (all parameters 4.9, clarity 4.8). For those harvested in 2021, Odesa Black was graded the highest (5.0), and blend No. 1 the lowest (all parameters 4.7). It is worth pointing out that the results for all fat-and-oil products (oilcake and oil) from seeds of different grape cultivars harvested in 2019–2021 were almost equally excellent by a complex of sensory parameters. However, those for Odesa Black and Cabernet were the highest.

Key words: grape seeds; technology of extraction by pressing; extra virgin; fat-and-oil products; grapeseed oil; grapeseed oilcake.

Сенсорні характеристики олійно-жирової продукції, отриманої з різних сортів винограду

Є. О. Котляр¹✉, Б. В. Єгоров¹, І. В. Левчук²

¹Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

²ДП “УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ”, м. Київ, Україна

Отримали олійно-жирову продукцію з залученням технології Extra Virgin з різних сортів винограду. Були проаналізовані сорти винограду – джерело сировини, для отримання олійно-жирової продукції з виноградного насіння. В результаті встановлено, що перспективними є дослідження виноградного насіння, яке отримане з вирощеного винограду, врожаїв 2019, 2020 та 2021 років, таких сортів як: Лідія, Ізабелла, Молдова, Бакко, Одеський чорний, Каберне та сумішей: №1 (50:50): Мускат білий + Ноа, №2 (50:50): Рислінг + Шардоне та №3 (50:50): Шардоне + Сухоліманський тому, що ці сорти найчастіше використовують у вино-

робній та консервній промисловостях. З наведених зразків отримано олійно-жирову продукцію: олію та макуху, яку було піддано сенсорному дослідженню. Результати сенсорної оцінки олій з насіння різних сортів винограду: 2019 року врожаю найкращу сенсорну оцінку мали, сорт Одеський чорний – 5.0 та сорт Каберне – 5.0, найгіршу оцінку отримали суміші №2 та №3 – 4.9; 2020 року врожаю найкращу сенсорну оцінку мали, сорти Молдова та Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав сорт Лідія, усі показники – 4.9, а прозорість – 4.8; 2021 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав суміш №1, усі показники – 4.7. Результати сенсорної оцінки макухи з насіння винограду 2019 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримала суміш №3 – 4.7; 2020 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку сорти Молдова та Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав сорт Лідія, усі показники – 4.9, а прозорість – 4.8; 2021 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримала суміш №1, усі показники – 4.7. Варто зазначити, що отримана олійно-жирова продукція з насіння різних сортів винограду 2019–2021 років врожаїв – макуха та олія, за сукупністю показників мають майже однакові відмінні результати, але найвищі були у сортів Одеський чорний та Каберне.

Ключові слова: виноградне насіння; технологія пресування; Extra Virgin; олійно-жирова продукція; олія з виноградного насіння; макуха з виноградного насіння.

Вступ

Пріоритетним напрямком розвитку харчової, фармацевтичної та косметичної промисловостей є комплексна технологія використання вторинних компонентів переробки винограду.

Цінним і перспективним джерелом є насіння виноградних ягід, що містять харчові та біологічні речовини. Його отримують шляхом фракціонування свіжих чи зброджених вичавків ягід винограду. Кількість насіння у виноградній гроні становить від 1 до 4 %, залежно від сорту винограду. Свіжі виноградні вичавки містять 15–40 % насіння, а висушені – до 65 % (Belous, 2015).

Теорією та практикою використання вторинних відновлюваних ресурсів переробки ягід винограду займалися багато відомих вчених. Проте до тепер даних щодо раціональної переробки та використання насіння ягід винограду недостатньо.

У низці країн накопичено певний досвід оптимального використання вторинних продуктів виноробства. В основних виноробних країнах обсяги переробки виноградних вичавок досить високі і становлять 50–85 %. Але використання вичавків винограду для вилучення олії з насіння винограду, становить лише 5–7 % (Ushkarenko et al., 2012).

Виноградні вичавки, разом з насінням і шкіркою в невеликих обсягах використовують на корм худобі, або вивозять на звалище. Нажаль, головною причиною небажання переробників виробляти таку дефіцитну олію з виноградного насіння є високі енерговитрати на сушіння вичавок, поділу на фракції та вилучення олії.

Актуальність теми дослідження підтверджується необхідністю та затребуваністю вивчення проблеми раціонального використання вторинних ресурсів переробки винограду і сенсорних досліджень отриманої олійно-жирової продукції.

Виробництво з виноградної ягоди соку і виноробної продукції є джерелом формування вторинної сировини – виноградного насіння, яке містить цінну олію та макуху (Vynohradari ta vynoroby Ukrainy).

Отримані літературні дані щодо сенсорних характеристик олії з виноградного насіння, кількості виходу її з кожного сорту виноградного насіння та ідентифікації якості олій з виноградного насіння за жирнокислотним складом та фенольними сполуками.

Враховуючи вище викладене, перспективним є ще більш детальне дослідження олійно-жирової продукції отриманої з виноградного насіння різних сортів.

Галузь виробництва олії в Україні – потужний агропромисловий комплекс, який об'єднує виробників насіння та олійно-жирової продукції.

За відносно короткий період олійно-жировий комплекс України значно відновив і збільшив свій виробничий потенціал. На підприємствах впроваджуються новітні технології, підвищується якість та оновлюється асортимент продукції (Pardo et al., 2009).

Виробництво олії з виноградного насіння починається там, де здавалося б закінчуються виноробна та консервна промисловості. В даний час виноробна промисловість – одна з провідних галузей харчової індустрії. Виноградне вино – напій, створений багатовіковою працею народів, які населяли великі території з помірним і жарким кліматом.

Олія з виноградного насіння – це продукт переробки насіння винограду культурного, яке раніше йшло у відходи. Вид виведений за кілька тисячоліть до нашої ери з дикорослого лісового винограду (Aybastier et al., 2018). Зараз культурні сорти, яких налічується близько 8000, вирощують в зонах помірного і субтропічного клімату на всіх континентах.

Насіння винограду складають до 30 % обсягу макухи, що утворюється при виробництві вина і соку. Його відокремлюють від решти маси, сушать і подрібнюють, щоб зруйнувати тверду оболонку. Потім переходять безпосередньо до отримання олії, що можливо декількома способами.

Олія з виноградного насіння також містить від 0,8 % до 1,5 % неомілюваних речовин, багатих фенолами (токоферол) і стероїдами (кампестерол, бетасистерол, стигмастерол). У ній є багато корисних для здоров'я компонентів, включаючи: вітаміни E, C, A; ненасичені жирні кислоти; моно ненасичені; дубильні речовини; фітонціти; ензими та хлорофіл (Rababah et al., 2008).

За харчовою цінністю продукт змагається з кукурудзяною, соняшниковою та оливковою оліями. Омега-3 і Омега-6, лінолева, пальмітолеїнова, стеаринова жирні кислоти забезпечують високу ефективність олії в боротьбі з вільними радикалами і виведенні з організму шкідливих речовин. Порівняльні показники жирних кислот оливкової олії та олії з виноградного насіння наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльні показники жирних кислот оливкової олії та олії з виноградного насіння

Найменування жирних кислот	Кількість жирних кислот, %	
	Назва олій	
	Оливкова	З виноградного насіння
Насичена	15	12
Мононенасичена	75	17
Поліненасичена	10	71
Всього:	100	100

У її складі присутній резвератрол, має протимікробну, протизапальну, бактерицидну, протипухлинну та антисклеротичну дію. Він зміцнює стінки судин, нормалізує гормональний фон, стабілізує роботу печінки і регулює вироблення сальних залоз.

Олія з різних сортів виноградного насіння в основному застосовується для харчових продуктів, технічних цілей у лакофарбовій і хімічній промисловостях. Науково-практичні дослідження зарубіжних і вітчизняних вчених, проведені в останній час, розширюють можливості використання олій з різних сортів виноградного насіння в якості повноцінного компонента в харчових і діабетичних продуктах, а також її застосування в медичній і косметичній промисловостях (Wen et al., 2016).

У світовій практиці олія з різних сортів виноградного насіння широко застосовується в харчуванні.

Як впливає з наведених вище даних, за змістом лінолевої кислоти олія з різних сортів виноградного насіння дуже схожа на олію негібридних сортів соняшнику і сафлору. І тому її прийнято відносити до групи так званих “лінолевих” олій (Bozan et al., 2008).

Добре відомо, що лінолева кислота вважається незамінною, вона не може синтезуватися в організмі людини через відсутність необхідних ферментів, тому повинна надходити з їжею (Lee, 2010). У зв'язку з цим олія з виноградного насіння є повноцінним і корисним харчовим продуктом. У цій якості вона широко використовується в тих країнах, де добре розвинене виноробство. Це Латинська Америка і Середземноморський регіон. Найкраща за якістю олія з різних сортів виноградного насіння виробляється в Італії, Іспанії, Франції, Аргентині та в Україні (Davidov-Pardo et al., 2011).

Широке поширення олій з виноградного насіння в кулінарії обумовлено декількома причинами. Основним є те, що олія містить багато олеїнової кислоти і за рахунок цього має високу температуру кипіння: вона становить 216 °C (стільки ж у нерафінованої оливкової олії класу Extra Virgin). Для порівняння: у нерафінованій соняшниковій олії температура кипіння всього 107 °C. Це означає, що олію з різних сортів виноградного насіння можна використовувати не тільки для заправки салатів, але також для смаження (в тому числі у фритюрі) і для випічки. При цьому можна не побоюватися, що у нагрітій олії з різних сортів виноградного насіння буде утворюватися надлишок шкідливих для здоров'я речовин (Chedea et al., 2010).

Олію з виноградного насіння використовують і для створення пікантних соусів. Її приємний смак і

аромат зробить будь-яку страву набагато смачнішою і кориснішою.

Часто готують вишукані маринади для риби і м'яса з додаванням цього корисного продукту. Також використовують для приготування овочевих страв, спагетті, каш, круп. Олію з виноградного насіння можна додавати до домашньої консервації і робити на її основі ароматні заправки з додаванням спецій, пряних трав і зелені.

Корисну олію з виноградного насіння рекомендується вживати спортсменам для поліпшення обміну речовин і профілактики захворювань серця і судин. При підвищених фізичних навантаженнях, організму спортсмена особливо важливо отримати цінний рослинний білок.

Олія з виноградного насіння має здатність регулювати саловиддалення, стягує, але не закупорює пори. При сухій шкірі її можна змішувати з іншими базовими оліями у співвідношенні 1:1. Вона зволожує, живить і регенерує шкіру. Олія виноградного насіння має зволожуючу, регенеруючу, протизапальну, в'язучу і омолоджуючу дію. Надає сильний антиоксидантний ефект. Підвищує пружність шкіри, відновлює її еластичність і свіжість. Олію з виноградного насіння рекомендують використовувати при вугрових висипах, стрептодермії, при пересушенні шкіри під дією несприятливих факторів.

Олія з виноградного насіння використовується в народній і традиційній медицині. Здатність впливати на роботу мембран клітин, перешкоджати окислювальним процесам дозволяє попереджати і лікувати захворювання серця і судин.

Препарати на основі олій з виноградного насіння покращують стан слизових оболонок, перешкоджають виникненню катаракти і зміцнюють імунну систему, широко застосовуються як засоби лікувально-профілактичної дії і для поліпшення якості життя, і в ряді випадків не мають аналогів серед синтетичних лікарських засобів.

Косметологи використовують виноградну олію як один з перспективних сировинних компонентів жирових емульсій (Couto et al., 2006).

Науково-практичні дослідження зарубіжних і українських вчених, проведені в останній час, розширюють можливості використання олій з виноградного насіння в якості повноцінного компонента в харчових і діабетичних продуктах, а також її застосування у медицині і косметичній промисловості (Lutterodt et al., 2011).

Макуха з виноградного насіння є важливим інгредієнтом, що знижує окислення ліпідів у сосисках.

Екстракт виноградного насіння позитивно впливає на окислювальну і мікробну стабільність м'яса баранини (Van Hoed et al., 2011), може бути фітохімізахисним засобом проти раку шкіри, має антигіпертензивну дію і розглядається як цінний матеріал природних антиоксидантів.

У складі виноградної олії присутній резвератрол, що має протимікробну, протизапальну, бактерицидну, протипухлинну та антисклеротичну дію. Він зміцнює стінки судин, нормалізує гормональний фон, стабілізує роботу печінки і регулює вироблення сальних залоз.

У лікувальних цілях не рекомендується вживати більше 2 столових ложок продукту на добу (Kiralán et al., 2019).

Отримані олійно-жирові продукти з вторинних побічних продуктів і відходів, що утворюються в агропромисловому комплексі та харчовій промисловості, ще не повністю економічно використовуються.

У результаті вище викладеного перспективним дослідженням є ще більш детальне ознайомлення з виноградним насінням різних сортів та виявлення його сенсорних особливостей.

Мета дослідження

Мета роботи – дослідити сенсорні характеристики олійно-жирових продуктів таких як виноградна олія та макуха, отриманих з різних сортів винограду.

Завдання дослідження:

1. Отримати олійно-жирову продукцію за технологією Extra Virgin з різних сортів винограду.
2. Здійснити дослідження сенсорних характеристик олії з різних сортів винограду.
3. Здійснити дослідження сенсорних характеристик макухи з різних сортів винограду.

Матеріал і методи досліджень

Сировиною для виготовлення олії обрано виноградне насіння наступних сортів: Лідія, Ізабелла, Молдова, Бакко, Одеський чорний, Каберне та сумішей: №1 (50:50): Мускат білий + Ноа, №2 (50:50): Рислінг + Шардоне та № 3 (50:50): Шардоне + Сухолиманський, врожаїв 2019, 2020 та 2021 років, що відповідає вимогам ДСТУ 7546:2014.

Виноградна олія що відповідає вимогам ДСТУ 7546:2014.

Макуха і шроти насіння олійних культур. Відбирання проб (контрольний метод) проводилися згідно ДСТУ ISO 5500:2005.

Визначання колірного числа проводилися згідно ДСТУ 4568:2006.

Визначення запаху, смаку, кольору та прозорості олії з різних сортів виноградної олії проводилися згідно ДСТУ 8842:2019.

Усі отримані цифрові дані опрацьовували за допомогою програми Excel з пакету послуг Microsoft Office-2007. Числові дані представляли у вигляді се-

реднього арифметичного значення та стандартної похибки ($M \pm m$).

Результати та їх обговорення

Нами були проаналізовані сорти винограду – джерело сировини для отримання олії з виноградної олії (Kotliar, 2022). В результаті встановлено, що перспективними є дослідження виноградної олії, яке отримане з вирощеного винограду, врожаїв 2019, 2020 та 2021 років, таких сортів як: Лідія, Ізабелла, Молдова, Бакко, Одеський чорний, Каберне та сумішей: №1 (50:50): Мускат білий + Ноа, №2 (50:50): Рислінг + Шардоне та № 3 (50:50): Шардоне + Сухолиманський тому, що ці сорти найчастіше використовують у виноробній та консервній промисловостях. Пресою олія з різних сортів виноградної олії містить велику кількість зважених часток, в тому числі і мінеральних. Очищення олії від механічних домішок здійснюють відстоюванням. Після цього вона може зберігатись або використовуватись для подальших цілей.

Макуха придатна для кормових та харчових цілей і може бути використана для виготовлення активованого вугілля, косметичних продуктів або ж в якості добрива та харчових добавок.

На **рисунку 1** представлена блок-схема розробленої технології виробництва олії з різних сортів виноградної олії, режими якої були експериментально доведені (Kotliar, 2022).

Було проведено сенсорні дослідження олій 2019–2021 років врожаїв, результати яких наведені на рисунках 2–4.

Смак і запах олій з насіння різних сортів винограду залежать від виду і якості сировини, що переробляється (олія, отримана з дефектного насіння, може мати неприємні, затхлі смак і запах), від способу виробництва (пресування чи екстрагування) і технологічних режимів роботи обладнання. Колір рослинних олій обумовлюється присутністю в їх складі барвників (пігментів), таких, як каротиноїди, хлорофіл. Прозорість – показник, що характеризує відсутність в рослинній олії при температурі 20 °С каламуті або зважених часток, видимих неозброєним оком, які погіршують товарний вигляд олії, знижують її сорт.

З профілограмм можна побачити, що олії з насіння винограду 2019 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0 та сорт Каберне – 5.0, найгіршу оцінку отримали суміші №2 та №3 – 4.9. Олії 2020 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку сорти Молдова та Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав сорт Лідія усі показники – 4.9, а прозорість – 4.8. Олії 2021 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав суміш №1, усі показники – 4.7.

Наступним етапом було сенсорне дослідження отриманої макухи з виноградної олії різних сортів 2019–2021 років врожаїв. Профілограмми наведені нижче, на **рисунках 5–7**.

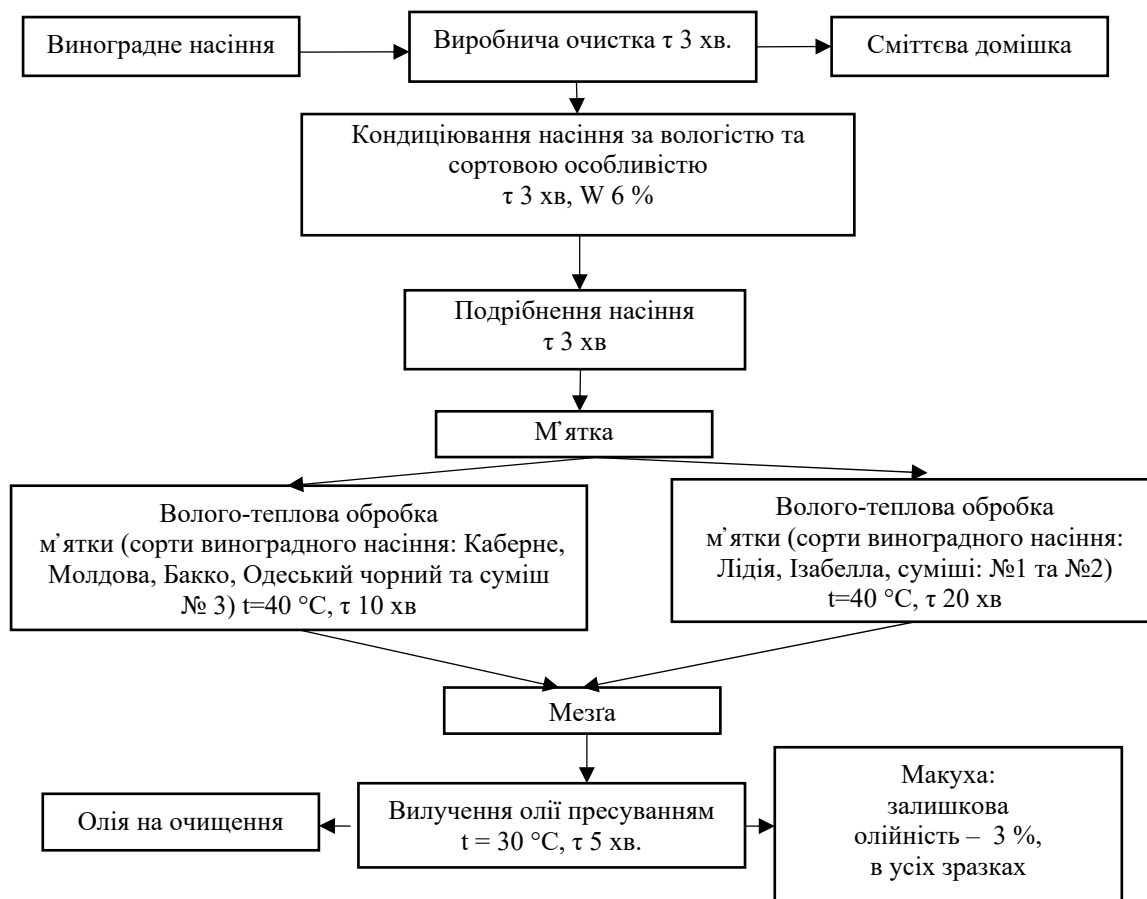


Рис. 1. Блок-схема технології виробництва олії з різних сортів виноградного насіння

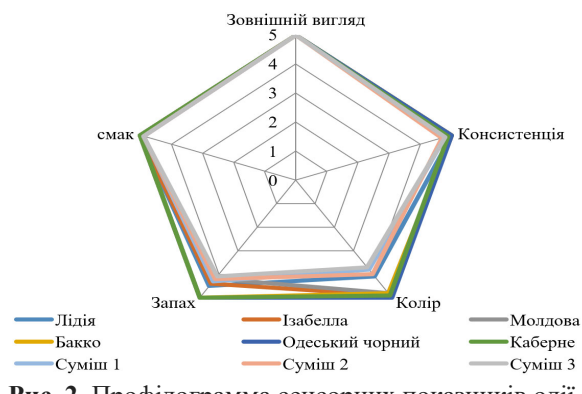


Рис. 2. Профілограма сенсорних показників олії з різних сортів виноградного насіння 2019 року врожаю

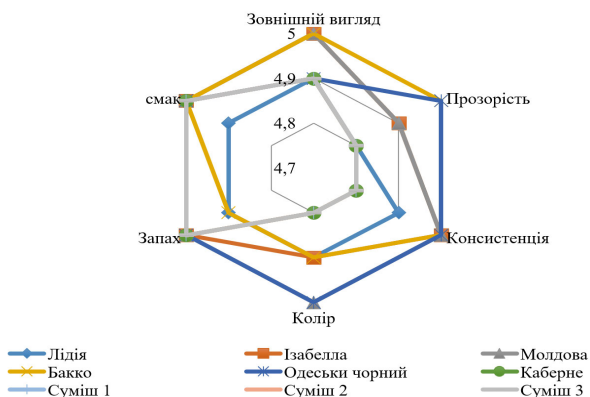


Рис. 3. Профілограма сенсорних показників олії з різних сортів виноградного насіння 2020 року врожаю

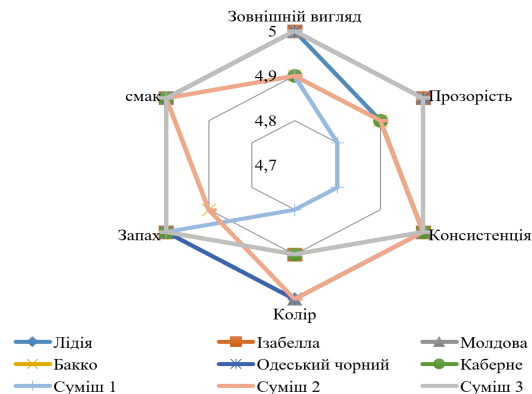


Рис. 4. Профілограма сенсорних показників олії з різних сортів виноградного насіння 2021 року врожаю

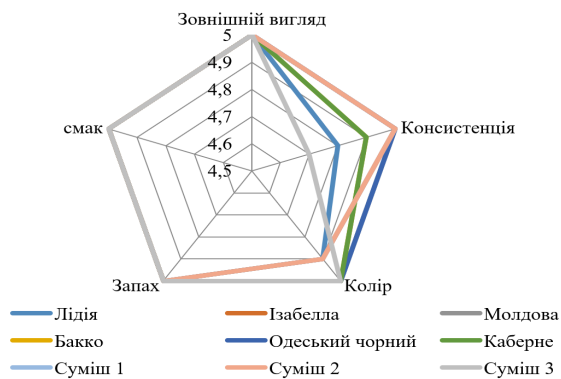


Рис. 5. Профілограма сенсорних показників макухи з різних сортів виноградного насіння 2019 року врожаю

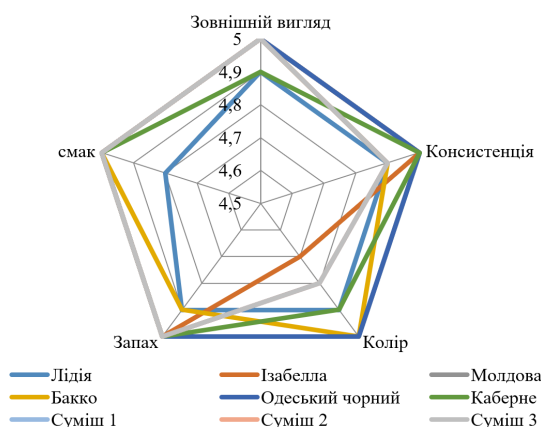


Рис. 6. Профілограма сенсорних показників макухи з різних сортів виноградного насіння 2020 року врожаю

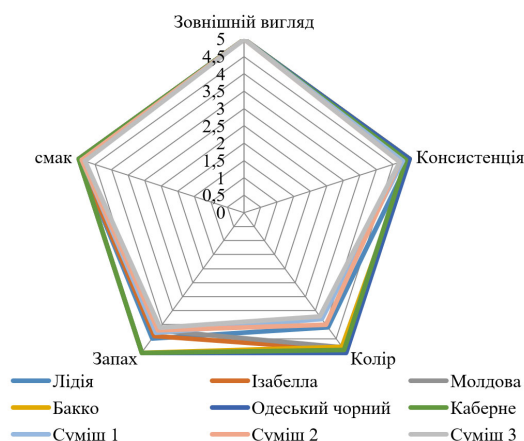


Рис. 7. Профілограма сенсорних показників макухи з різних сортів виноградного насіння 2021 року врожаю

З профілограмм видно, що макухи з насіння винограду 2019 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримали суміші №3 – 4.7. Макухи 2020 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорти Молдова та Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав сорт Лідія, усі показники – 4.9, а прозорість – 4.8. Макухи 2021 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав суміш №1, усі показники – 4.7.

Варто зазначити, що отримана олійно-жирова продукція з насіння різних сортів винограду 2019–2021 років врожай – макуха та олія, за сукупністю показників мають майже однакові відмінні результати, але найвищі були у сортів Одеський чорний та Каберне.

Висновки

Були проаналізовані сорти винограду – джерело сировини для отримання олії з виноградного насіння. В результаті встановлено, що перспективними є дослідження виноградного насіння, яке отримане з вирощеного винограду, врожайів 2019, 2020 та 2021 років, таких сортів як: Лідія, Ізабелла, Молдова, Бакко, Одеський чорний, Каберне та сумішей: №1 (50:50): Мускат білий + Ноа, №2 (50:50): Рислінг + Шардоне та №3 (50:50): Шардоне + Сухолиманський тому, що ці

сортів найчастіше використовують у виноробній та консервній промисловостях. З наведених зразків отримано олійно-жирову продукцію: олію та макуху, яку було піддано сенсорному дослідженню.

Отримані результати сенсорної оцінки олії з насіння винограду 2019 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0 та сорт Каберне – 5.0, найгіршу оцінку отримали суміші №2 та №3 – 4.9. Олії 2020 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорти Молдова та Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав сорт Лідія, усі показники – 4.9, а прозорість – 4.8. Олії 2021 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав суміш №1, усі показники – 4.7.

Результати сенсорної оцінки макух з насіння винограду 2019 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримали суміші №3 – 4.7. Макухи 2020 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорти Молдова та Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав сорт Лідія, усі показники – 4.9, а прозорість – 4.8. Макухи 2021 року врожаю мали найкращу сенсорну оцінку, сорт Одеський чорний – 5.0, найгіршу оцінку отримав суміш №1, усі показники – 4.7.

Варто зазначити, що отримана олійно-жирова продукція з насіння різних сортів винограду 2019–2021 років врожайів – макуха та олія, за сукупністю показників мають майже однакові відмінні результати, але найвищі були у сортів Одеський чорний та Каберне.

Перспективи подальших досліджень. Виходячи з проведених досліджень, запроваджено дану розроблену технологію олії з різних сортів виноградного насіння у виробничий процес на Одеському заводі кісточкових та рослинних олій ТОВ “АВА”.

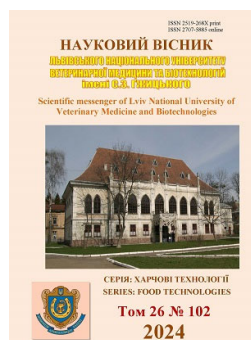
Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Aybaster, Ö., Dawbaa, S., & Demir, C. (2018). Investigation of antioxidant ability of grape seeds extract to prevent oxidatively induced DNA damage by gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of chromatography. B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences*, 1072, 328–335. DOI: 10.1016/j.jchromb.2017.11.044.
- Belous, I. V. (2015). *Strategiya rozvytku vynohradarstva i vynorobstva Ukrainy ta peredumovy vykhodu yikh produktii na svitovyi rynek: NNTs “IViV im. V. Ye. Tairova”*. Odesa (in Ukrainian).
- Bozan, B., Tosun, G., & Özcan, D. (2008). Study of polyphenol content in the seeds of red grape (*Vitis vinifera* L.) varieties cultivated in Turkey and their antiradical activity. *Food chemistry*, 109(2), 426–430. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.12.056.
- Chedea, V. S., Braicu, C., & Socaci, C. (2010). Antioxidant/prooxidant activity of a polyphenolic grape seed

- extract. *Food Chemistry*, 121(1), 132–139. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.020.
- Couto, S. R., Lopez, E., & Sanroman, M. A. (2006). Utilisation of grape seeds for laccase production in solid-state fermentors. *Journal of Food Engineering*, 74(2), 263–267. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.03.004.
- Davidov-Pardo, G., Arozarena, I., & Marín-Arroyo, M. R. (2011). Stability of polyphenolic extracts from grape seeds after thermal treatments. *Eur Food Res Technol* 232, 211–220. DOI: 10.1007/s00217-010-1377-5.
- Kiralan, M., Calik, G., & Ramadan, M. (2019). Stability and volatile oxidation compounds of grape seed, flax seed and black cumin seed cold-pressed oils as affected by thermal oxidation. *Grasas y aceites*, 70(1), 122–134.
- Kotliar, Ye. (2022). Development of a technology of oil made from seeds of grapes cultivated in the Odesa region without losing the quality characteristics. *Food science and technology*, 16(1), 92–100. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/items/06252290-flcc-47dc-93aa-b5115e7955ee>.
- Lee, J. (2010). Degradation kinetics of grape skin and seed proanthocyanidins in a model wine system. *Food Chemistry*, 123(1), 51–56. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.03.126.
- Lutterodt, H., Slavin, M., Whent, M., Turner, E., & Yu, L. L. (2011). Fatty acid composition, oxidative stability, antioxidant and antiproliferative properties of selected cold-pressed grape seed oils and flours. *Food chemistry*, 128(2), 391–399. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.03.040.
- Pardo, J. E., Fernández, E., Rubio, M., Alvarruiz, A., & Alonso, G. L. (2009). Characterization of grape seed oil from different grape varieties (*Vitis vinifera*). *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, 111(2), 188–193. DOI: 10.1002/ejlt.200800052.
- Rababah, T. M., Ereifej, K. I., Al-Mahasneh, M. A., Ismael, K., Hidar, A. G., & Yang, W. (2008). Total Phenolics, Antioxidant Activities, and Anthocyanins of Different Grape Seed Cultivars Grown in Jordan. *International Journal of Food Properties*, 11(2), 472–479. DOI: 10.1080/10942910701567521.
- Ushkarenko, V. O., Shevchenko, I. V., & Mynkin, M. V. (2012). Stan ta perspektyvy rozvytku haluzi promyslovo-ho vynohradarstva v Ukraini. *Tavriiskyi naukovi visnyk*, 78, 85–89. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/78_2012/17.pdf (in Ukrainian).
- Van Hoed, V., Barbouche, I., De Clercq, N., Dewettinck, K., Slah, M., Leber, E., & Verhe R. (2011). Influence of filtering of cold pressed berry seed oils on their antioxidant profile and quality characteristics. *Food Chemistry*, 127(4), 1848–1855. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.01.134.
- Vynohradari ta vynoroby Ukrainy. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.facebook.com/UkrVynoroby> (in Ukrainian).
- Wen, X., Zhu, M., Hu, R., Zhao, J., Chen, Z., Li, J., & Ni, Y. (2016). Characterisation of seed oils from different grape cultivars grown in China. *Journal of food science and technology*, 53(7), 3129–3136. DOI: 10.1007/s13197-016-2286-9.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10215
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 577.152.32:616.34:579.2

Development of a bioinformatics tool for identifying members of the *Apis mellifera* gut microbiome

R. Makovei, N. Shemediyuk✉, Kh. Malysheva, I. Dvylyuk, M. Chokhan

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 02.09.2024
Received in revised form
07.10.2024
Accepted 08.10.2024

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska str., 50, Lviv, Ukraine.
Tel.: +38-50-622-622-63-02
E-mail: natshem13@gmail.com

Makovei, R., Shemediyuk, N., Malysheva, Kh., Dvylyuk, I., & Chokhan, M. (2024). Development of a bioinformatics tool for identifying members of the *Apis mellifera* gut microbiome. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 98–102. doi: 10.32718/nvlvet-f10215

The methods of molecular genetics and bioinformatics analysis of DNA nucleotide sequences are reliable and modern tools for studying the microbiome of various organisms, including the gut microorganisms of *Apis mellifera*. The creation of accessible software for processing and analyzing sequencing data is highly relevant, as existing commercial solutions are often too expensive for widespread use in academic settings. Available free software typically has significant functional limitations, preventing comprehensive analysis. Researchers are often forced to use a combination of different software tools, which not only reduces data processing efficiency but also significantly increases the risk of errors during analysis. The rapid advancement of research on the *A. mellifera* gut microbiota, combined with the lack of accessible analytical tools for processing sequencing data, underscores the importance of developing software that automates the entire analysis process. The implementation of such a tool would not only simplify and accelerate sequencing data processing but also make it more accessible to a broader range of researchers, fostering the development of microbiome studies in honeybees and other organisms. The aim of the study was to develop bioinformatics software for automating the processing and analysis of nucleotide sequence data of the 16S rRNA gene and ITS region, to validate its performance, and to conduct a comparative evaluation based on the results of studying the gut microorganisms of *A. mellifera*. As part of the work, yeasts were isolated from the gut of *A. mellifera*, and DNA was extracted from these microorganisms. Amplification and sequencing of the 16S rRNA gene and ITS region were performed. Based on the obtained data, specialized bioinformatics software was developed, integrating all the necessary tools for comprehensive sequencing data analysis. The developed software was successfully validated on the obtained sequencing data. To assess its effectiveness, a comparative analysis was conducted with the widely recognized Geneious software, confirming the competitiveness and reliability of the developed tool.

Key words: bioinformatics, automation, 16S rRNA gene, ITS region, sequencing, gut microbiome, *Apis mellifera*, software.

Розробка біоінформатичного інструменту для ідентифікації представників мікробіому кишківника *Apis mellifera*

Р. Маковей, Н. Шемедюк✉, Х. Малишева, І. Двилюк, М. Чохань

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Молекулярно-генетичні методи та біоінформатичний аналіз нуклеотидних послідовностей ДНК є надійними, сучасними інструментами для вивчення мікробіому різних організмів, зокрема мікроорганізмів кишківника *Apis mellifera*. Питання створення доступного програмного забезпечення для обробки та аналізу даних секвенування є надзвичайно актуальним, оскільки наявні комерційні рішення зазвичай є надто дорогими для широкого застосування в академічному середовищі. Доступне безкоштовне програмне забезпечення зазвичай має суттєві функціональні обмеження, які унеможливають проведення повноцінного комплексного

аналізу. Дослідники змушені застосовувати комбінацію різних програмних продуктів, що не лише знижує ефективність обробки даних, але й суттєво збільшує ризик виникнення помилок у процесі аналізу. Інтенсивний розвиток досліджень мікробіоти кишківника *A. mellifera* в поєднанні з дефіцитом доступних аналітичних інструментів для обробки даних секвенування обумовлює актуальність розробки програмного забезпечення, що автоматизує весь процес аналізу. Впровадження такого інструменту не лише значно спростить і прискорить обробку даних секвенування, але й зробить цей процес доступнішим для широкого кола дослідників, сприяючи розвитку досліджень мікробіому медоносних бджіл та інших організмів. Метою дослідження було розробити біоінформатичне програмне забезпечення для автоматизації процесів обробки та аналізу даних нуклеотидних послідовностей генів 16S рРНК і ITS-регіону, провести його апробацію та здійснити порівняльну оцінку на основі результатів дослідження мікроорганізмів кишківника *A. mellifera*. У рамках роботи було ізольовано дріжджі з кишківника *A. mellifera*, здійснено виділення ДНК цих мікроорганізмів, ампліфікацію та секвенування ділянок генів 16S рРНК і ITS-регіону. На основі отриманих даних було розроблено спеціалізоване біоінформатичне програмне забезпечення, яке інтегрує всі необхідні інструменти для комплексного аналізу даних секвенування. Розроблене програмне забезпечення успішно апробовано на отриманих даних секвенування. Для оцінки його ефективності проведено порівняльний аналіз із загальноновизнаним програмним забезпеченням Geneious, що дозволило підтвердити конкурентоспроможність і надійність розробленого інструменту.

Ключові слова: біоінформатика, автоматизація, ген 16S рРНК, ITS-регіон, секвенування, мікробіота кишківника, *Apis mellifera*, програмне забезпечення.

Вступ

Дослідження мікробіому комах, зокрема медоносної бджоли *Apis mellifera*, набуває все більшої актуальності у зв'язку з обґрунтуванням значення мікроорганізмів кишківника у профілактиці захворювань комах-господарів. Симбіотичні мікроорганізми кишківника бджіл беруть участь у процесах травлення, імунної функції, регуляції ендокринної системи, синтезу необхідних поживних речовин та захисту від патогенів. Зміни у складі мікробіому можуть суттєво впливати на життєздатність бджіл та їхню продуктивність (Zheng et al., 2018; Romero et al., 2019). З огляду на це, точна таксономічна ідентифікація представників мікробіому кишківника бджіл є необхідною передумовою для розуміння структури та функціонування цієї складної симбіотичної системи.

Сучасні підходи до визначення таксономії мікроорганізмів кишківника *A. mellifera* базуються на віднесенні певної нуклеотидної послідовності до конкретного таксону мікроорганізмів (бактерії або еукаріоти) на різних рівнях деталізації – від типу до штаму. Найпоширенішим методом для таксономічної характеристики є ампліконне секвенування універсальних консервативних маркерних послідовностей (Yun et al., 2017; Kačániová et al., 2020; Al-Enazi et al., 2022; Li et al., 2023). Метод ґрунтується на ампліфікації нуклеотидних послідовностей за допомогою ПЛР і секвенуванні маркерів, а саме гена, що кодує 16S рРНК або ITS-регіону (Romero et al., 2019).

Обробка та аналіз отриманих даних секвенування залишаються трудомісткими процесами, що потребують застосування спеціалізованого програмного забезпечення. На сьогодні все ще бракує зручних інструментів для аналізу даних секвенування за Сенджером, які можна було б запускати в інтерактивному режимі як веб-застосунок або у великих масштабах за допомогою командного рядка (Rausch et al., 2020).

Впровадження високопродуктивного секвенування та відповідних методів аналізу даних відкрило нові перспективи у вивченні структурно-функціональної організації мікробіому. Проте швидкий прогрес у розвитку цих технологій створює значні труднощі для дослідників, особливо тих, хто не має спеціальної підготовки в галузі біоінформатики, щодо вибору відповідного програмного забезпечення та пайплайнів

(Liu et al., 2020). Отже, зважаючи на актуальність досліджень мікробіому кишківника *A. mellifera*, розробка доступного та простого в використанні програмного забезпечення, яке дозволяє автоматизувати процеси обробки та аналізу даних секвенування, є нагальним завданням.

Мета дослідження

Мета даної роботи полягає у розробці біоінформатичної програми для автоматизації обробки та аналізу даних нуклеотидних послідовностей гена 16S рРНК і ITS-регіону, її апробації та порівняльної оцінки ефективності на основі результатів дослідження мікробіому кишківника *A. mellifera*.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження виконували в лабораторних умовах ТОВ “Експлоджен” (м. Львів).

У роботі використовували взірці середньої кишки трьох порід *A. mellifera*: *A. m. carpatica*, *A. m. carnica*, *A. m. buckfast*, попередньо ізольовані нами з робочих особин (рис. 1).

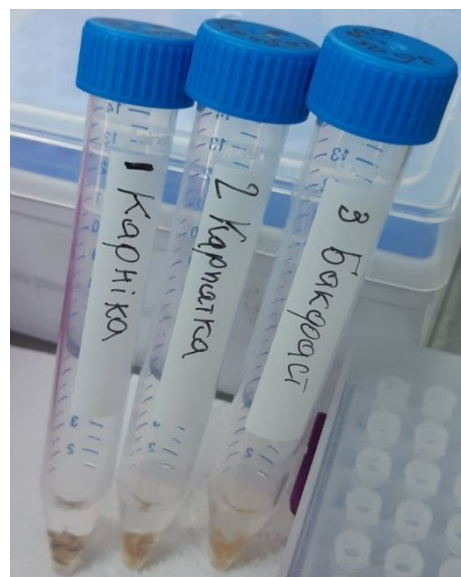


Рис. 1. Взірці кишківника робочих особин *A. mellifera*

Зокрема взірці середньої кишки гомогенізували та готували на їх основі серійні десятикратні розведення. Колонії дріжджів культивували на агаризованому живильному середовищі YPD при температурі 30 °C протягом двох діб, використовуючи тетрациклін як селективний агент. Для нарощення біомаси колонії дріжджів пересівали методом газону на середовище, що не містило селективних агентів.

Сумарну ДНК виділяли з біомаси чистих культур із використанням модифікованих методик (Kieser et al., 2000; Ausubel., 2004).

Для ампліфікації гена 16S рРНК використовували праймери 8F та 1510R, а для ампліфікації ITS-регіону — праймери ITS1 та ITS4 (табл. 1) (Innis, 1990; Takahashi et al., 2014).

Таблиця 2

Умови проведення ПЛР

Ген 16S рРНК		ITS регіон	
Температура	Час	Температура	Час
95 °C	3 хв	95 °C	3 хв
95 °C	35 с	95 °C	30 с
55 °C	40 с	55 °C	45 с
72 °C	1 хв 20 с	72 °C	1 хв
72 °C	10 хв	72 °C	10 хв

Нуклеотидні послідовності ампліконів гена 16S рРНК та ITS-регіону секвенували методом Сенджера із застосуванням відповідних прямих і зворотних праймерів.

Розробку програмного забезпечення здійснювали з використанням мови програмування Python у середовищі розробки Visual Studio Code із застосуванням системи управління пакетами Conda та відповідних біоінформатичних бібліотек.

Для статистичної та порівняльної оцінки роботи програми використовували парний *t*-тест.

Результати та їх обговорення

Ампліфікація та аналіз ДНК. З кишківників *A. m. carpatica*, *A. m. carnica* та *A. m. buckfast* на 2–3-й день культивування було виокремлено 9 колоній дріжджів за їх морфолого-культуральними ознаками. Виокремлені колонії пересіляли на живильні середовища без селективних агентів для отримання чистих культур. З кожної колонії успішно виділили ДНК, здійснили ампліфікацію методом ПЛР, провели електрофоретичне розділення отриманих ампліконів в агарозному гелі та секвенували їх.

На електрофореграмі представлено результати ампліфікації генів 16S рРНК та ITS-регіонів (рис. 2).

Чіткі смуги на гелі свідчать про успішність ампліфікації. Для визначення довжини отриманих ампліконів використовували маркер молекулярної маси, що забезпечив точну ідентифікацію цільових продуктів. Порівняння смуг ампліконів з ДНК-маркером показало, що довжина ампліконів ізолятів, отриманих на

Таблиця 1

Праймери для проведення ПЛР

Назва праймера	Нуклеотидна послідовність
8F	5'-AGAGTTTGTATYMTGGCTCAG-3'
1510R	5'-TACGGYTACCTTGTACGACTT-3'
ITS1	5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3'
ITS4	5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'

Ампліфікацію здійснювали методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) відповідно до умов, наведених у таблиці 2.

Детекцію результатів ПЛР проводили методом електрофоретичного розділення в агарозному гелі. Очищення ампліконів гена 16S рРНК здійснювали за допомогою набору QIAquick Gel Extraction Kit, тоді як амплікони ITS-регіону очищували із використанням QIAquick PCR Purification Kit.

середовищі YPD, становила 500–600 п. н., що відповідає ITS-регіону маркера молекулярної маси.

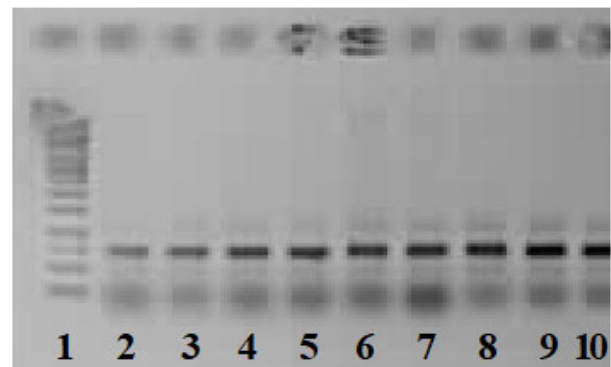


Рис. 2. Електрофореграма, що підтверджує ампліфікацію гена 16S рРНК та ITS регіону. Амплікони ізолятів, отриманих на середовищі YPD: 1 – маркер молекулярної маси; 2 – АМСр5; 3 – АМСр7; 4 – АМСр6; 5 – АМСр5; 6 – АМСр6; 7 – АМСр7; 8 – АМВ7; 9 – АМВ6; 10 – АМВ8

Амплікони генів 16S рРНК та ITS-регіонів секвенували методом Сенджера, отримуючи прямі та зворотні нуклеотидні послідовності у форматі .ab1 для кожного ізоляту. Ці файли стали основою для апробації розробленого програмного забезпечення та зіставлення даних.

Розробка програмного забезпечення для біоінформатичного аналізу. У межах дослідження розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для біоінформатичного аналізу (Makovei, 2024), яке інтегрує всі

необхідні інструменти для комплексної обробки даних секвенування. Дане програмне забезпечення має модульну архітектуру, що забезпечує ефективну обробку даних на кожному етапі.

Основні модулі програми включають:

- *Завантаження та візуалізацію даних*: імпорт прямих і зворотних нуклеотидних послідовностей із відображенням хроматограм для оцінки якості.
- *Обрізання послідовностей*: видалення низькоякісних кінців для підвищення точності аналізу.
- *De novo збірку*: об'єднання послідовностей у контиги за допомогою алгоритмів на основі графів де Брейна.
- *Ідентифікацію мікроорганізмів*: використання алгоритму BLAST для порівняння з еталонними базами даних.

Програма оснащена інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом із діалоговими вікнами, що спрощує взаємодію користувача та мінімізує ймовірність помилок. Модульна структура дозволяє легко оновлювати програму та розширювати її функціонал.

Таблиця 3

Розрахункові дані парного *t*-тесту результатів роботи обох програм

Метрика	<i>t</i> -показник	<i>p</i> -значення	Результат
E-value	1,0	0,3287	Різниця статистично не значуща
Ідентичність	2,401	0,0257	Різниця статистично значуща
Покриття	0,986	0,3355	Різниця статистично не значуща

Статистичний аналіз показав, що обидві програми мають зіставні показники E-value та покриття ($p > 0,05$), проте розроблене нами програмне забезпечення продемонструвало достовірно вищі результати за показником ідентичності ($p < 0,05$). Це свідчить про конкурентоспроможність нашого інструмента на рівні з Geneious за ключовими параметрами обробки та аналізу даних секвенування.

Висновки

У ході дослідження із ізольованих зразків середньої кишки трьох порід бджіл (*A. m. carpatica*, *A. m. carnica*, *A. m. buckfast*) було отримано чисті культури дріжджів на живильному середовищі YPD. Виділену ДНК використовували для ампліфікації та секвенування генів 16S rPHK і ITS-регіону.

Для ефективного аналізу отриманих даних секвенування було розроблено спеціалізоване біоінформатичне програмне забезпечення, яке інтегрує всі необхідні інструменти для комплексної обробки даних. Апробація програми на основі отриманих результатів секвенування дозволила ідентифікувати рід дріжджів *Zygosaccharomyces* у кишківниках *A. m. carpatica* та *A. m. carnica*, а також два роди дріжджів (*Zygosaccharomyces*, *Starmerella*) у кишківнику *A. m. buckfast*.

Порівняльний аналіз роботи програми з іншими програмними засобами продемонстрував її конкурентоспроможність. За результатами статистичного аналізу встановлено, що розроблене програмне забезпечення забезпечує достовірно вищі показники ідентич-

Апробація та порівняльний аналіз. Роботу програмного забезпечення апробували на даних секвенування генів 16S rPHK та ITS-регіонів, ізольованих з дріжджів кишківників *A. m. carpatica*, *A. m. carnica* та *A. m. buckfast*. Аналіз дозволив ідентифікувати рід *Zygosaccharomyces* у перших двох порід і два роди – *Zygosaccharomyces* та *Starmerella* – у третьої.

Для перевірки достовірності результатів розробленого програмного забезпечення здійснили порівняльний аналіз із програмою Geneious. Ідентифіковані роди дріжджів співпадали в обох програмах, однак відмінності стосувалися довжини зібраних послідовностей, показників ідентичності та покриття отриманих в ході пошуку гомологічних нуклеотидних послідовностей.

Статистичний аналіз. Статистичну оцінку результатів проведено за допомогою *t*-тесту для парних вибірок на основі трьох основних метрик. Дані, які підтверджують конкурентоспроможність розробленого програмного забезпечення, наведено в таблиці 3.

ності, порівняно з Geneious, і відповідає сучасним вимогам до обробки та аналізу даних секвенування.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення функціоналу програми, включаючи можливість аналізу інших маркерних генів та оптимізацію алгоритмів збірки даних. Окрім цього, планується дослідження пробіотичної активності ідентифікованих дріжджів із перспективою їхнього використання для покращення здоров'я бджіл у бджільництві.

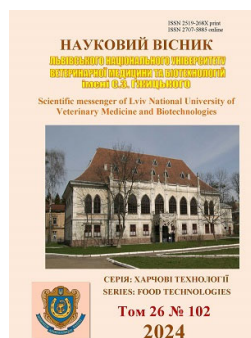
Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Al-Enazi, N. M., Abdel-Raouf, N., Alharbi, R. M., & Sholkamy, E. N. (2022). Metabolic Profiling of *Streptomyces* sp. Strain ess_amH1 Isolated from *Apis mellifera yemintica*'s Gut Microbiome, and Its Anticancer Activity against Breast Cancer (MCF7) and Hepatocarcinoma (HepG2) Cell Lines, as Well as Antimicrobial Activity. *Applied Sciences*, 12(23), 12257. DOI: 10.3390/app122312257.
- Ausubel, F. M. (2004). Current protocols in molecular biology. John Wiley & Sons.
- Innis, M. A. (1990). PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press.
- Kačániová, M., Terentjeva, M., Žiarovská, J., & Kowalczewski, P. L. (2020). In Vitro Antagonistic

- Effect of Gut Bacteriota Isolated from Indigenous Honey Bees and Essential Oils against *Paenibacillus* Larvae. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(18), 6736. DOI: 10.3390/ijms21186736.
- Kieser, T., Bibb, M. J., Chater, K. F., Butter, M., Hopwood, D., Bittner, M. L., & Buttner, M. J. (2000). *Practical Streptomyces Genetics: A Laboratory Manual*.
- Li, Y., Chang, L., Xu, K., Zhang, S., Gao, F., & Fan, Y. (2023). Research Progresses on the Function and Detection Methods of Insect Gut Microbes. *Microorganisms*, 11(5), 1208. DOI: 10.3390/microorganisms11051208.
- Liu, Y. X., Qin, Y., Chen, T., Lu, M., Qian, X., Guo, X., & Bai, Y. (2021). A practical guide to amplicon and metagenomic analysis of microbiome data. *Protein & cell*, 12(5), 315–330. DOI: 10.1007/s13238-020-00724-8.
- Makovei, R. Z. (2024). Source code of the bioinformatics program for analysis of nucleotide sequences [Internet]. Lviv: Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv.
- Rausch, T., Fritz, M. H., Untergasser, A., & Benes, V. (2020). Tracy: basecalling, alignment, assembly and deconvolution of sanger chromatogram trace files. *BMC genomics*, 21(1), 230. DOI: 10.1186/s12864-020-6635-8.
- Romero, S., Nastasa, A., Chapman, A., Kwong, W. K., & Foster, L. J. (2019). The honey bee gut microbiota: strategies for study and characterization. *Insect molecular biology*, 28(4), 455–472. DOI: 10.1111/imb.12567.
- Takahashi, S., Tomita, J., Nishioka, K., Hisada, T., & Nishijima, M. (2014). Development of a prokaryotic universal primer for simultaneous analysis of Bacteria and Archaea using next-generation sequencing. *PloS one*, 9(8), e105592. DOI: 10.1371/journal.pone.0105592.
- Yun, J. H., Lee, J. Y., Hyun, D. W., Jung, M. J., & Bae, J. W. (2017). *Bombella apis* sp. nov., an acetic acid bacterium isolated from the midgut of a honey bee. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 67(7), 2184–2188. DOI: 10.1099/ijsem.0.001921.
- Zheng, H., Steele, M. I., Leonard, S. P., Motta, E. V. S., & Moran, N. A. (2018). Honey bees as models for gut microbiota research. *Lab animal*, 47(11), 317–325. DOI: 10.1038/s41684-018-0173-x.



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519-268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10216
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 378.147.4:004.738.5.084.3

Differentiation of the cost of educational services in the context of partial distance learning

I. S. Aftanaziv, L. I. Shevchuk, I. G. Svidrak[✉], O. I. Strogan, L. R. Strutynska

National University “Lviv Polytechnic”, Lviv, Ukraine

Article info

Received 02.09.2024
Received in revised form
07.10.2024
Accepted 08.10.2024

National University
“Lviv Polytechnic”,
S. Bandera Str., 12, Lviv,
790013, Ukraine.
Tel.: +38-066-229-50-87
E-mail: inha.h.svidrak@lpnu.ua

Aftanaziv, I. S., Shevchuk, L. I., Svidrak, I. G., Strogan, O. I., & Strutynska, L. R. (2024). Differentiation of the cost of educational services in the context of partial distance learning. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(102), 103–109. doi: 10.32718/nvlvet-f10216

The results of a comparative analysis have shown that the distance form of education, both in secondary schools and in higher education, ensures the continuity of the learning process. However, there is a sharp decline in academic performance and the retention of residual knowledge among students at both the secondary and higher education levels. The comparative analysis of academic performance covered the years 2019–2020, which preceded the introduction of distance learning due to the COVID-19 pandemic, and 2023–2024, during which a hybrid model of in-person and distance learning was implemented depending on the security situation caused by intense military actions in Ukraine. It is proposed to address the shortcomings of distance learning in higher education institutions, particularly for students in technical disciplines, by revising curricula and training programs to increase the number of hours and credits for core subjects. This would compensate for the deficits in education experienced during previous stages of distance learning. Taking into account the specific conditions of the educational process during martial law, it is suggested to supplement traditional classes in core subjects with duplicated video lectures and educational videos, which will be held on weekday evenings and at agreed times during weekends. Attendance at these additional educational consultations should be tracked but remain voluntary for students. A method for optimizing the cost of education for full-time students funded by individuals or legal entities is proposed. This method is based on the application of developed mathematical calculations, which allow for the calculation of the expenses incurred by higher education institutions for full-time students in general, and for students on a paid basis in particular. This method also takes into account the possibility of reducing the cost of education when institutions implement extended periods of distance learning.

Key words: education, academic disciplines, distance learning, knowledge assessment, core subjects, tuition costs.

Диференціація вартості надання освітніх послуг в умовах часткової дистанційної форми навчання

І. С. Афтаназів, Л. І. Шевчук, І. Г. Свідрак[✉], О. І. Строган, Л. Р. Струтинська

Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна

Результатами порівняльного аналізу встановлено, що дистанційна форма провадження навчального процесу як у закладах середньої освіти, так і у навчальному процесі вищої школи забезпечує неперервність провадження навчального процесу. Проте стрімко знижується рівень успішності та обсяги залишкових знань як здобувачів середньої, так і вищої освіти. За роки порівняльного аналізу успішності було обрано 2019–2020 роки, що передували запровадженню дистанційного навчання, обумовленого пандемією коронавірусу, та 2023–2024 роки із комбінованою схемою провадження навчального процесу, що перемишує очне аудиторне та дистанційне навчання залежно від безпекової ситуації, обумовленої проведенням інтенсивних бойових дій на території України. Запропоновано для усунення недоліків дистанційного навчання у закладах вищої освіти для студентів технічних напрямів підготовки здійснити перегляд навчальних планів та програм підготовки з метою збільшення для базових дисциплін годин

та кредитів, спрямованих на усунення недоліків дистанційного навчання на попередніх етапах набуття ними освіти. Із урахуванням особливостей провадження навчального процесу в умовах воєнного стану запропоновано доповнити традиційні навчальні заняття із базових дисциплін їх дубляжем у вигляді відеофільмів та навчальних відеороликів, що проводимуться у робочі дні тижня у вечірній час, а у вихідні дні – у погоджені із студентами години. Відвідування студентами цих додаткових навчально-консультаційних занять повинно бути облікованим, але добровільним. Запропонована методика оптимізації вартості навчання студентів, що навчаються за кошти фізичних чи юридичних осіб на денній формі навчання. Дана методика ґрунтується на застосуванні розроблених математичних обчислень, що дозволяють обчислити витрати ЗВО на навчання студента денної форми навчання, загалом, та студента комерційної форми навчання, зокрема. Дана методика також враховує можливість пониження вартості навчання студентів при застосуванні закладом освіти тривалого дистанційного навчання.

Ключові слова: освіта, навчальні дисципліни, дистанційне навчання, зріз знань, базові дисципліни, вартість навчання.

Вступ

Необхідно визнати, що вирішення такої важливої задачі, як забезпечення високого рівня знань і вмінь своїх випускників було не під силу значній кількості ВНЗ і у мирний час. На порядок важчим вирішення цього завдання постає у воєнний час, коли навіть за більш-менш налагодженого стаціонарного очного провадження навчального процесу, фактично регулярні оголошення тривоги не тільки переривають провадження навчальних занять, а і вносять відчуття страху за особисті здоров'я та життя і безпеку всіх учасників навчального процесу. Тому закономірно, що враховуючи особливості воєнного стану, необхідні не лише першочергові заходи по забезпеченню безпеки провадження навчального процесу, а і вдумливі корективи по його смислового наповненню. Не зважаючи на лихоліття воєнного стану в Україні її вища школа не має права, не повинна “ні на йоту” понижувати якісний рівень набутих її студентами та випускниками знань і вмінь. Навпаки, приймаючи до уваги, що сучасні старшокласники і студенти – це основні “робочі руки та голови” у майбутній відбудові як економіки, так і соціального устрою нашої знедоленої і зруйнованої війною держави, освіченості сучасної молоді слід приділяти підвищені турботу та увагу. І уряду держави доречно чітко усвідомлювати, що ніхто окрім високо професійного, а головне, сумлінного професорсько-викладацького складу вищих навчальних закладів, їх складових на рівні шкіл, ліцеїв і коледжів, вирішити цю надважливу соціальну проблему не спроможний. Дистанційне навчання в домашніх умовах відвчило колишніх школярів, а тепер студентів від колективної аудиторної роботи. А обмеженість для учнів при дистанційному навчанні в можливостях спілкування із викладачами проявилася у катастрофічно-низькому рівні залишкових знань. Особливо мірою це проявилася в засвоєнні учнями таких точних наук, як математика, фізика та хімія. А це саме ті навчальні дисципліни, що постають у подальшому основою фундаментальної базової підготовки бакалаврів технічних спеціальностей та спеціалізацій. Потрібно визнати той факт, що дистанційна форма навчання як тимчасовий засіб забезпечення безперервності навчального процесу як школярів, так і студентів лише частково виправдала покладені на неї надії та сподівання. Безперервність навчального процесу вона частково забезпечила, а от його якість не те що сумнівна, а слід визнати, незадовільна. Відмітимо, що мову ведемо виключно про опосередковану середньостатистичну якість підготовки випускників середньої

школи із природничих дисциплін. Цей висновок підтверджує не лише досвід авторів, а і результати опитування великої кількості викладачів кафедр, що проводять навчання студентів першого курсу на загальноосвітніх кафедрах Національного університету “Львівська політехніка”. Переважна більшість з них сходяться на думці та у висновках, що обумовлені коронавірусом та попереднім періодом воєнного стану роки дистанційного навчання у випускових класах середньої школи виявилися неспроможними забезпечити належну для старту базової освіти у Вищій школі якість знань та вмінь своїх випускників.

На теренах України в кінці 2019 р. та напочатку 2020 року, коли пандемія коронавірусу набула всесвітнього масштабу, виникла гостра необхідність у стрімкому обмеженні переміщень громадян. У тому числі і студентів, зокрема у місцях громадського скупчення, в транспорті, у навчальних закладах. Як гостра соціальна необхідність виникла потреба у повсемісному запровадженні дистанційної форми навчання, як єдино спроможної забезпечити неперервність навчального процесу у всіх різновидах закладів освіти. Відповідними наказами Уряду країни та її Міністерства освіти дистанційна форма провадження навчального процесу як єдино можлива була запроваджена по усій без винятку території України. Відсутність на той час методичного забезпечення викладачів та матеріального забезпечення переважної більшості учнів та студентів неминує призвели до стрімкого пониження якісних показників засвоєння ними знань фактично по всіх без винятку навчальних дисциплінах (Fridanian, 2020). Проте вже навіть після першого семестру чи півріччя провадження дистанційного навчального процесу ситуація суттєво покращилася завдяки створенню викладацьким персоналом закладів освіти навчальних демонстраційних відеороликів та відеофільмів (Pitulei, 2021) та придбанню фактично усіма учасниками навчального процесу необхідної комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення. Та на простори України прийшло ще більше лихо – повномасштабна війна із активним використанням ворогом усієї сучасної руйнівної зброї. Знову ж від уже частково відновленого очного навчання у закладах освіти довелося запроваджувати, залежно від наближеності до ліній фронту, дистанційну або комбіновану форми провадження навчального процесу. І тут до проблем складностей забезпечення дистанційним навчанням належної якості знань школярів та студентів додалася ще і набагато вагоміша проблема забезпечення безпеки усіх учасників навчального процесу. Не маючи власного дос-

віду провадження навчання під час війни закономірно довелося звернутися за досвідом країн, що неодноразово потрапляли у схожу ситуацію (Shushkova, 2021; Kolisnichenko, 2021). Яскравим прикладом такої країни є Ізраїль, територія якого ось уже понад 70 років перебуває і під обстрілами ворогуючих з цією країною сусідів, а також під небезпекою скоєння у будь-яких місцях її території терористичних актів. Безпека і створення усіх можливих та доступних засобів захисту учасників навчального процесу є основним пріоритетом цієї держави. На цьому наголошує психологиня С. Ройз (Roiz, 2022), акцентуючи увагу на заходах досяжності належної продуктивності та якості навчання в умовах, наближених до воєнного стану. Саме тому основою безпеки сучасного Ізраїлю є Закон про цивільну оборону від 1951 року. Даний Закон зобов'язує облаштовувати усі типи будівель, включно із житловими, освітніми та виробничими, укриттями та бомбосховищами. Не менш вагомо і те, що починаючи із шкільних років усієї молоді надають знань щодо надання першої медичної допомоги.

Вивчаючи гіркий досвід Ізраїлю та невизначеність із тривалістю воєнних протистоянь на території України можна стверджувати, що українська система освіти має бути пристосована до будь-яких надзвичайних ситуацій, можна сказати певною мірою “мілітаризованою” та готовою до стрімких трансформацій. За словами колишнього міністра освіти Сергія Шкарлета “Наше завдання – не лише відновлювати систему, а створювати якісно нову модель української освіти для нової країни” (Shkarlet, 2022). Надзвичайно вагомим при цьому за висловами та переконаннями фахівців є психологічний стан та здатність до самоконтролю як учасників навчального процесу, так і оточуючої заклади освіти громади (Iurenko, 2022). Певні сподівання тут слід покладати на готовність як сусідніх, так і віддалених держав прийти на допомогу нашій державі не лише озброєнням, а і фахівцями для проведення тренінгів та навчань учасників навчального процесу під час бойових протистоянь (Helyi, 2022). Наприклад, такими, як психолог-педагог громадянка Ізраїлю Шимона Гродзін-Чесарі (MON, 2022). Про нагальну потребу організаційних заходів стосовно проведення навчальних курсів, спрямованих на покращення забезпечення належного ступеня якості засвоєння знань, ведуть мову не лише фахівці України (Onlainskurs dlia osvitan, 2022), а і зарубіжні фахівці. Зокрема і автор дослідницької наукової праці McClary J. (McClary, 2013).

Сучасний воєнний стан в Україні хоч і частково, та перемирюється дистанційною формою навчання під час оголошення станів тривоги. То ж, очевидно, вишам і школам слід бути готовими на теперішній час до перемирювання аудиторного із дистанційним навчанням, а також визнати, що через недостатній рівень знань та вмінь колишніх абітурієнтів слід методично та фахово переглянути навчальні плани та програми підготовки бакалаврів. Особливою мірою технічних напрямів підготовки, що базується на так званих “точних” науках. Основним предметом даного дослідження є навчальні програми та плани підготовки бакалаврів технічних спеціальностей та спеціаліза-

цій в умовах воєнного стану в Україні. Основний об’єкт дослідження – забезпечення якості підготовки випускників вищих навчальних закладів із врахуванням їх підготовки при набутті середньої освіти в умовах дистанційного навчання та із врахуванням особливостей навчання у ЗВО під час воєнного стану в державі.

Мета дослідження

Метою даного дослідження є аналіз рівня якості залишкових знань середньої освіти в контингенті першокурсників ЗВО, розробка на його основі рекомендацій щодо вдосконалення навчального процесу підготовки бакалаврів технічного спрямування та створення методики оптимізації вартості надання освітніх послуг державними ЗВО студентам, що навчаються за кошти фізичних або юридичних осіб в умовах воєнного стану України. Як основні задачі дослідження розглянуто:

- аналіз типових навчальних програм та планів підготовки бакалаврів технічних спеціальностей та їх спеціалізацій;
- розробка рекомендацій щодо вдосконалення навчального процесу підготовки бакалаврів в умовах воєнного стану, зорієнтованих на дубляж лекційних, практичних та лабораторних занять засобами дистанційного навчання у вільний від аудиторних занять час;
- аналіз обсягів основних витрат закладів освіти на провадження якісного навчального процесу;
- розробка методики оптимізації обсягів вартості навчання для студентів денної форми навчання державних ЗВО.

Матеріал і методи досліджень

Проведені авторами дослідження впливу дистанційного навчання у періоди пандемії коронавірусу 2019–2021 роки та воєнного стану в Україні (із 24 лютого 2022 р. до теперішнього часу) на якість підготовки абітурієнтів, що у 2022 та 2023 році стали першокурсниками, проводились на основі аналізу якості залишкових знань студентів Інституту механічної інженерії та транспорту (ІМІТ) Національного університету “Львівська політехніка” (НУ “ЛП”). Також для повноти інформації приймалися дані усного опитування професорсько-викладацького складу, викладачі якого проводили навчальний процес на першому курсі ІМІТ із фундаментальних та супутніх їм дисциплін. Зрізи залишкових знань проводилися на початку першого семестру навчання студентів у вигляді тестових завдань із базових дисциплін. Результати опитування професорсько-викладацького складу щодо якісної оцінки рівня залишкових знань приведено у таблиці 1. Проведений порівняльний аналіз залишкових знань “вчорашніх” абітурієнтів засвідчив катастрофічно низький рівень їх шкільної базової підготовки станом на осінь 2024 року. Фактично за всіма аналізованими навчальними предметами цей рівень понизився у середньому від 3,75–4,1 у “докоронавірусний” період до 2,85–3,15 балів на теперішній часовий проміжок

2023–2024 навчального року. За шкалу відліку тут обрано 5-ти бальну систему оцінювання.

Результати та їх обговорення

Цілком закономірно і очікувано, що такий низький рівень знань негативно проявився і на результатах задачі цими вже студентами-першокурсниками їх першої “зимової” сесії. Опосередкований середній бал із предметів фундаментальної підготовки тут не перевищує 3,3–3,4 балів. На думку переважаючої більшості викладачів, що навчали студентів-першокурсників у 2023–2024 навчальному році, навіть позитивна задовільна оцінка знань більшості студентів на заліко-

во-іспитовій сесії із мінімально позитивною відміткою 50 балів (із 100 можливих) тут є суттєво завищеною і переважно обумовленою добросердечним ставленням викладачів до студентських проблем у період воєнних протистоянь на теренах України. І незаперечно – першопричиною цьому низькому рівню знань є недостатній рівень підготовки колишніх абітурієнтів середньої школою із вимушеним дистанційним навчанням.

Опитувач професорсько-викладацького складу загальноосвітніх кафедр НУ “ЛП” щодо їх суб’єктивної оцінки ступеня залишкових знань студентів механічних спеціальностей 2023 та 2024 років вступу із базових дисциплін бакалаврської підготовки.

Таблиця 1

Опитувач професорсько-викладацького складу загальноосвітніх кафедр НУ “ЛП” щодо їх суб’єктивної оцінки ступеня залишкових знань студентів механічних спеціальностей 2023 та 2024 років вступу із базових дисциплін бакалаврської підготовки

№ з/п	Перелік дисциплін підготовки бакалаврів	Кількість опитаних викладачів	Суб’єктивна оцінка залишкових знань за освітньо-професійними програмами підготовки				
			МБ	РП	ЛА	ТТ	АТ
1	Вища математика	5	Н.с	С	С	Н.с	С
2	Фізика	3	Н	Н.с	Н.с	Н.с	С
3	Хімія	4	Н.с	Н.с	С	С	Н.с
4	Нарисна геометрія (як складова Вищої математики)	6	Н	Н.с	С	Н.с	Н

Примітка: у таблиці показники якості умовно позначено: “С” – середній, “Н.с” – нижче середнього, “Н” – низький.

Абревіатура академічних груп: МБ – галузеве машинобудування, РП – робототехніка, ЛА – безпілотні літальні апарати, ТТ – транспортні технології, АТ – автомобільний транспорт

Порівняльний аналіз семестрової успішності студентів-першокурсників із базових дисциплін фахової підготовки бакалаврів механічних спеціальностей та спеціалізації за 2023 та 2024 роки засвідчив, що порівняно із передуючими пандемії коронавірусу 2019 - 2020 роками, коли школярі та студенти-першокурсники востаннє навчалися по традиційній схемі очного аудиторного провадження навчального процесу, результати успішності студентів із базових дисциплін понизились в середньому на 20 %. Зокрема, із фізики – на 25 %, із вищої математики – на 20 %, із хімії – на 15 %, із нарисної геометрії – на 20 %. Тобто це загально розповсюджена тенденція, що зайвий раз засвідчує переваги очного аудиторного навчального процесу над його аналогами у вигляді дистанційного чи заочного навчання. Засвідчені проведенням аналізом стрімкі пониження рівня залишкових знань із дисциплін базової підготовки випускників середньої школи та студентів початкових курсів спонукають до пошуку шляхів корегування та виправлення даної ситуації вдосконаленням вищою школою проваджуваного нею навчального процесу. Для усунення цієї проблеми необхідно внести зміни у навчальних програмах та планах підготовки бакалаврів. Достатньо буде на початковому етапі навчання бакалаврів вдумливо і критично переглянути навчальні програми базових дисциплін, запровадивши до них додатково недостатньо якісно подані дистанційним навчанням підрозділи цих дисциплін. І починати такі відкориговані навчальні курси, можливо, доведеться не із “накатаних” роками навчальних програм

вищої школи, а із ґрунтового аналізу та оптимізації даних щодо прогалин у дистанційному вивченні шкільної програми з тих, чи інших базових дисциплін. На наш погляд вихід із такої, патової на перший погляд, ситуації можливий, наприклад, запровадженням додаткових навчально-консультаційних занять з дисциплін базової підготовки в режимі дистанційного навчання у вільні від основного навчального процесу години. Звичайно студенти самотужки визначатимуть власну потребу своєї присутності на таких додаткових для них заняттях. Проводити такі додаткові навчально-консультаційні заняття можуть додатково долучені до штатного розкладу викладачі, наприклад, у вечірні години робочих днів та завчасно узгоджені години вихідних днів. Кошти на оплату праці таких викладачів мають бути залучені із фондів комерційного навчання студентів, кількість яких стрімко збільшилась у роки війни. Вагомим аспектом у провадженні освітньої діяльності ЗВО є встановлення ним вартості наданих освітніх послуг. Аналіз комерційної діяльності переважаючої більшості освітніх закладів Міністерства освіти України відображає, що у сьогоденні основним джерелом поповнення їх бюджету є оплата за навчання студентів-комерційників, тобто студентів, що навчаються за кошти юридичних чи фізичних осіб. Слід відзначити, що не зважаючи на значну кількість публікацій стосовно цінової політики у сфері надання освітніх послуг, питання оптимізації витрат на провадження навчального процесу та встановлення прийнятних для користувачів цін на надані освітні послуги все ще залишається актуальним.

Авторами робіт (Aftanaziv, 2006; 2007) запропонована доволі вдала, на наш погляд, методика визначення як витрат на провадження навчального процесу, так і оптимізації вартості навчання для студентів, що навчаються за кошти юридичних чи фізичних осіб. Однак певним недоліком є неспроможність цих методик враховувати специфіку та особливості дистанційного та комбінованого дистанційно-очного навчання студентів. Адже при вдумливому підході ці організаційні форми провадження навчального процесу можуть суттєво понизити як кількісний склад долученого до навчального процесу викладачів та допоміжного персоналу, так і загальні комунальні витрати на забезпечення належних санітарно-гігієнічних норм для учасників навчального процесу. Тому пропонується вдосконалена методика визначення витрат на провадження дистанційного чи комбінованого дистанційно-очного навчання студентів та оптимізації вартості навчання студентів, що навчаються за кошти юридичних чи фізичних осіб. Ця методика передбачає виконання декількох послідовних етапів. Спершу визначають основні чинники, що мають визначальний вплив на вартість навчання студентів комерційної форми навчання. До таких визначальних чинників мали б належати наступні:

- витрати B_e на енергоносії та комунальні затрати, обумовлені потребою забезпечення належних умов та санітарно-гігієнічних норм провадження навчального процесу;
- витрати B_p на обслуговування та ремонти навчальних корпусів та гуртожитків.
- господарські B_c витрати на служби життєзабезпечення;
- витрати 3_b на заробітну плату викладачів, що проводять навчальний процес;
- витрати 3_m на заробітну плату працівників допоміжного персоналу, що забезпечують належну організацію навчального процесу;

Витрати на провадження навчального процесу в перерахунку на одного студента денної форми навчання аналізованого інституту, факультету чи напряму підготовки можна визначити із математичної залежності

$$B_{oc} = \frac{3_b + 3_m}{N_1} + \frac{B_K}{N}, \quad (1)$$

де N_1 – кількість студентів денної форми навчання аналізованого факультету, інституту чи напряму підготовки;

N – кількість студентів денної форми навчання аналізованого ЗВО;

$B_K = B_e + B_p + B_c$ – витрати на забезпечення провадження навчального процесу.

Річні витрати на навчання однієї академічної групи визначають із залежності

$$B_{a.z} = 3_b + 3_m + \frac{B_K}{N}, \quad (2)$$

а вартість навчання студентів комерційної форми навчання по кожній із ліцензованих для ЗВО освітніх програм підготовки можна визначити із математичної залежності

$$T_{oc} = \frac{B_{a.z} \cdot k}{n} = \left(3_b + 3_m + \frac{B_K}{N} \right) \frac{k}{n} \cdot K \quad (3)$$

де n – кількість студентів, що навчаються за кошти фізичних чи юридичних осіб, в умовно сформованій академічній групі аналізованої освітньої програми підготовки;

$K = (1 - K_0/K_a)$ – коефіцієнт співвідношення дистанційного навчання;

K_0 – кількість годин дистанційного навчання;

K_a – загальна кількість аудиторних годин за навчальним планом підготовки;

k – коефіцієнт престижності напряму підготовки.

Престижність напрямів підготовки можна відобразити умовним коефіцієнтом престижності k , змінюючи його величину в діапазоні від 1,2 до 2,0, наприклад, на підставі даних щодо прохідних балів попередніх років набору на ту чи іншу освітню програму підготовки. Його реальну величину, наприклад, можна розраховувати із залежності $k = \frac{K_6}{100}$, як соту частку

від значення конкурсного прохідного балу K_6 для конкретної аналізованої освітньої програми підготовки. Коефіцієнт K співвідношення кількості годин дистанційного навчання K_0 до загальної кількості аудиторних годин K_a за навчальним планом підготовки розраховують і призначають в діапазоні $0,5 = K = 0,95$. Нижня межа $K = 0,5$ цього коефіцієнта обумовлена необхідністю навіть за умови 100 % провадження дистанційного навчання поступлення певних коштів від користувачів освітніх послуг для забезпечення життєдіяльності навчального закладу.

Перевірку ефективності запропонованої методики оптимізації вартості навчання студентів денної форми, що здобувають освіту за кошти фізичних чи юридичних осіб, здійснено на прикладі визначення вартості навчання для студентів комерційної форми навчання Інституту механічної інженерії та транспорту НУ “ЛП”. Розраховано у відповідності запропонованій методиці вартість навчання студентів комерційної форми навчання освітньої програми галузі знань 13 “Механічна інженерія” спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” набору 2023/2024 навчального року. Кількість викладачів, залучених до провадження навчального процесу в умовно виокремленій академічній групі студентів чисельністю 25 осіб, визначено із наступних міркувань. Семестровий навчальний період триває 15 тижнів, впродовж одного календарного тижня студенти очно навчаються на 20 парах, витрачаючи на це 40 академічних годин (із розрахунку 4 пари в день). Отже впродовж одного семестру одна умовно сформована академічна група студентів очно навчається $15 \times 40 = 600$ годин. Саме такою обсягом 600 аудиторних годин є рекомендована в НУ “ЛП” норма аудиторного навантаження викладача професорсько-викладацького складу. Отже впродовж одного навчального семестру на провадження навчального процесу на заробітну плату викладачів тут витрачається сума, співвідноситься із річною заробітною платою одного штатного викладача. Із аналогічних міркувань розраховуються організаційні витрати на провадження навчального процесу допоміжним персоналом. Обсяг

“Господарських витрат на забезпечення навчального процесу” запозичено із річного Звіту адміністрації НУ “ЛП” у довоєнний 2021 рік.

При підстановці даних у математичну залежність (3) розраховано вартість річного навчання студента,

$$T_{oc} = \frac{B_{a.e} \cdot k}{n} = \left(3_B + 3_M + \frac{B_K}{N} \right) \frac{k}{n} = \left(295500 + 123750 + \frac{571,65 \cdot 10^6}{22200} \right) \cdot \frac{1,2}{25} = 24900 \text{ грн.}$$

Тут прийнято, що коефіцієнт престижності даної освітньої програми підготовки на той час становив $k = 1,4$, а дистанційне навчання впродовж цього року не проводилося, тобто значення коефіцієнта співвідношення дистанційного навчання прийнято $K = 1$.

Встановлена на 2021/2022 навчальний рік вартість навчання студента денної форми навчання на відзначену освітню програму підготовки становила 25 тисяч гривень. Такою ж вона залишається і на теперішній час. У подальші навчальні роки через пандемію коронавірусу та воєнні протистояння обсяги дистанційного навчання видозмінювалися від 100 % його застосування (у весняному 2021/2022 та осінньому 2022/2023 семестрах навчальних років) до часткового його запровадження переважно для заочної форми навчання. У цьому випадку вартість навчання для студентів, що навчається за кошти фізичних чи юридичних осіб, могла б бути дещо пониженою. Так при кількості годин дистанційного навчання $K_d = 50$ год., що становить 8,3 % від загальної семестрової кількості аудиторних годин за навчальним планом підготовки $K_a = 600$ год., коефіцієнт співвідношення дистанційного навчання $K_{50} = (1 - K_d / K_a) = 1 - 50/600 = 0,92$. Отже вартість навчання студентів, що навчається за кошти фізичних чи юридичних осіб, могла б бути пониженою до

$$B_d = T_{oc} \cdot K_{50} = 25000 \cdot 0,92 = 23000 \text{ грн.}$$

При $K_d = 100$ год., тобто при 16,7% від $K_a = 600$ год., коефіцієнт $K_{100} = (1 - K_d / K_a) = 1 - 100/600 = 0,83$, а вартість навчання могла б бути пониженою до

$$B_d = T_{oc} \cdot K_{100} = 25000 \cdot 0,83 = 20750 \text{ грн.}$$

Аналогічно при $K_d = 200$ год., тобто при 33,3% від $K_a = 600$ год., коефіцієнт $K_{200} = (1 - K_d / K_a) = 1 - 200/600 = 0,67$, а вартість навчання могла б бути пониженою до $B_d = T_{oc} \cdot K_{200} = 25000 \cdot 0,67 = 16750$ грн.

Максимально допустимим для навчального закладу пониженням вартості навчання є ситуація, коли перевищення семестрової кількості годин дистанційного навчання сягає понад $K_d = 300$ год., тобто більше половини від загальної семестрової кількості аудиторних годин за навчальним планом підготовки $K_a = 600$ год., і наближається до 100% дистанційного навчання. Мінімальний коефіцієнт співвідношення дистанційного навчання при цьому приймають рівним $K_{min} = (1 - K_d / K_a) = 1 - 300/600 = 0,5$, а максимально допустиме пониження вартості навчання становитиме

$$B_{d \min} = T_{oc} \cdot K_{min} = 25000 \cdot 0,5 = 12500 \text{ грн.}$$

Обумовлено це тим, що навіть за умови неперервного дистанційного навчального процесу закладу освіти необхідні певні кошти для підтримання його життєдіяльності. І кошти за надання освітніх послуг тут є невід’ємною та вагомою часткою його бюджету.

що навчається за кошти фізичних чи юридичних осіб, денної форми навчання за освітньою програмою підготовки галузі знань 13 “Механічна інженерія” набору 2022/2023 навчального року, а саме:

Висновки

1. Здійснений аналіз залишкових знань випускників середньої освіти із природничих наук, які вони вивчали в умовах дистанційного провадження навчального процесу в роки пандемії коронавірусу та перших воєнних років на теренах України, засвідчив доволі низький рівень знань по всіх основних дисциплінах базової підготовки бакалаврів механічних спеціальностей та спеціалізацій. Першопричина цього полягає у дистанційній формі провадження попереднього навчального процесу.

2. Порівняльний аналіз семестрової успішності студентів-першокурсників із базових дисциплін фахової підготовки бакалаврів механічних спеціальностей та спеціалізацій засвідчив, що порівняно із передуючими коронавірусу пандемії роками, результати успішності студентів із базових дисциплін понизились в середньому на 20 %.

3. Вибірково опитані викладачі НУ “ЛП”, що провадили навчальний процес для студентів із цих базових дисциплін, основну причину низької успішності вбачають у недостатньому рівні знань із цих дисциплін, одержаних теперішніми студентами в минулому під час набуття ними середньої освіти.

4. Для усунення негативного впливу недостатнього рівня залишкових знань з базових дисциплін, для студентів початкових курсів пропонуються критичний перегляд випусковими кафедрами навчальних програм та планів підготовки бакалаврів з механічних спеціальностей з метою збільшення кількості годин та кредитів для провадження базових дисциплін.

5. Запропоновані математичні залежності для визначення обсягів витрат на провадження навчального процесу та річної вартості навчання для студентів, що навчаються за кошти фізичних чи юридичних осіб. Встановлено, що основними складовими витрат державних ЗВО на провадження навчального процесу є витрати на заробітну плату викладачів професорсько-викладацького складу, причетного до провадження навчального процесу допоміжного персоналу та витрати на забезпечення належних умов, безпеки і санітарно-гігієнічних норм усіх учасників навчального процесу.

Перспективи подальших досліджень. Перспективною є пропозиція дослідження запровадження у режимі дистанційного навчання додаткових лекційних та лабораторно-практичних занять. Ці консультаційні навчальні заняття пропонується проводити у вільний від основного навчального розкладу час із добровільним відвідуванням їх студентами. На початковому етапі навчання бакалаврів критично переглянути навчальні програми базових дисциплін, запровадити до

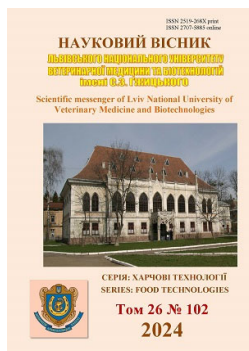
них додатково недостатньо якісно подані дистанційним навчанням підрозділи цих дисциплін. Починати такі відкориговані навчальні курси із ґрунтового аналізу та оптимізації даних щодо прогалин у дистанційному вивченні шкільної програми з тих, чи інших базових дисциплін.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Aftanaziv, I. S. (2006). Analiz potreb meshkantsiv rehioniv u fakhivtsiakh iz vyshchoiu osvitoiu [Analysis of the needs of the residents of the regions for specialists with higher education]. Visnyk NU "Lvivska politekhnika" "Menedzhment ta pidpriemnytstvo: etapy stanovlennia i problemy rozvytku". Lviv: Publication of Lviv Polytechnic University, 567, 378–384 (in Ukrainian).
- Aftanaziv, I. S. (2007). Ekonomichni aspekty reformuvannia rehionalnoi systemy pidhotovky kadriv vyshchoiu shkoloiu. [Economic aspects of reforming the regional system of personnel training by the higher school] Kolomyia: "Vik" Publishing House (in Ukrainian).
- Fridanian, O. H. (2020). Modeli realizatsii dystantsiinoho navchannia u zakladakh zahalnoi serednoi osvity. Mizhrehionalna akademiia upravlinnia personalom. Vcheni zapysky universytetu "Krok", 3(59), 191–198. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzuk_2020_3_24 (in Ukrainian).
- Helyi, N. (2022). Navchannia pid zvuky povitrianykh tryvoh. Chy zmozhe Ukraina skorystatsia z dosvidu Izrailiu [Elektronnyi resurs] Ekspreso. URL: <https://zahid.espreso.tv/navchannia-pid-zvuki-povitrianykh-trivog-chi-zmozhe-ukraina-skoristatsia-z-dosvidu-izrailiu> (in Ukrainian).
- Iurenko, O. (2022). Raketni obstrily pid chas navchannia: dosvid Izrailiu [Elektronnyi resurs] Mediia Osvitorii. URL: <https://osvitoria.media/experience/raketni-obstrily-pid-chas-navchannia-dosvid-izrayilyu> (in Ukrainian).
- Kolisnichenko, N. (2021). Kryterii efektyvnosti dystantsiinoho navchannia: upravlinnia protsesom otsiniuvannia yakosti. Aktualni problemy derzhavnoho upravlinnia, 3(84), 110–115. DOI: 10.35432/1993-8330appa3842021246304 (in Ukrainian).
- McClary, J. (2013). Factors in High Quality Distance Learning Courses. Online Journal of Distance Learning Administration. URL: <https://ojdla.com/archive/summer162/mccalary162.pdf>.
- MON zaluchaie izrailskykh fakhivtsiv do provedennia treninhiv shchodo orhanizatsii navalnoho protsesu pid as boiovykh dii [Elektronnyi resurs]. URL: <https://mon.gov.ua/news/mon-zaluchaie-izrailskikh-fakhivtsiv-do-provedennia-treningiv-shchodo-organizatsii-navchalnogo-protsesu-pid-chas-boiovykh-dii> (in Ukrainian).
- Onlain-kurs dlia osvityan "Psykhologichna bezpeka doroslykh ta ditei pid chas povitrianoi tryvohy u shkoli" [Elektronnyi resurs]. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. URL: <https://mon.gov.ua/news/onlain-kurs-dlya-osvityan-psykhologichna-bezpeka-doroslykh-ta-ditei-pid-chas-povitrianoi-trivogi-u-shkoli> (in Ukrainian).
- Pitulei, V. V. (2021). Osoblyvosti vplyvu dystantsiinoho navchannia na psykhyku studenta ta vykladacha. Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu "Ostrozka akademiia". Seriia "Psykhologhiia": naukovi zhurnal, 12, 64–68. DOI: 10.25264/2415-7384-2021-12-64-68 (in Ukrainian).
- Roiz, S. (2022). Svitlana Roiz dala porady batkam i vchyteliu, yak dopomohy ditiam prodovzhyty navchannia v umovakh viiny [Elektronnyi resurs]. Portal Nova osvita. URL: <https://osvitanova.com.ua/posts/5651-skoro-v-shkolu> (in Ukrainian).
- Shkarlet, S. (2022). Nashe zavdannia – ne lyshe vidnovliuvaty systemu, a stvoryty yakisno novu model ukrainskoi osvity dlia novoi krainy [Elektronnyi resurs]. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. URL: <https://mon.gov.ua/news/nashe-zavdannia-ne-lyshe-vidnovliuvaty-sistemu-a-stvoriti-yakisno-novu-model-ukrainskoi-osvity-dlya-novoi-kraini-sergiy-shkarlet> (in Ukrainian).
- Shkola v nebezpechnykh umovakh: dosvid Izrailiu [Elektronnyi resurs]. Redaktsiia zhurnalu "Na urok". Osvitnii proekt "Na urok". URL: <https://naurok.com.ua/post/shkola-v-nebezpechnih-umovah-dosvid-izrailiu> (in Ukrainian).
- Shushkova, Yu. V. (2021). Dystantsiine navchannia u ZVO: modeli, tekhnologii, perspektyvy: materialy kruhloho stolu za uchastiu poradykiv akademichnykh hrup ta vykladachiv fakultetu upravlinnia finansamy ta biznesu. – 28 kvitnia 2021 r. Lviv: FUFB. URL: <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/08/KRUHLYY-STIL-RP-2021.pdf> (in Ukrainian).
- Tykhonova, Ye. (2022). Yak orhanizuvaty navchannia pid chas viiny: dosvid izrailskykh shkil [Elektronnyi resurs] URL: <https://zn.ua/ukr/EDUCATION/jak-orhanizuvaty-navchannia-pid-chas-vijni-dosvid-izrailskikh-shkil.html> (in Ukrainian).



**Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології**

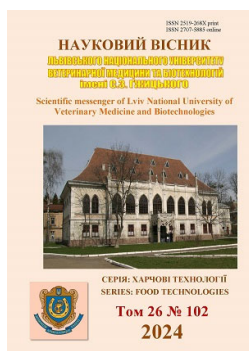
**Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies**

ISSN 2519-268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f102
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

Зміст

1. Поліщук А. А., Бірта Г. О., Усенко С. О., Шостя А. М., Шаферівський Б. С., Льченко М. О., Кузьменко Л. М. Вплив екструдованих зернобобових культур у складі комбікормів на якість отриманої свинини	3
2. Салавеліс А. Д., Павловський С. М., Молодан М. М. Інноваційне спортивне харчування – основа спортивних результатів	9
3. Герцик О., Ташак М., Пандяк Н., Шалько А., Слободний В. Корозійна тривкість модифікованих аморфних кобальтових сплавів	14
4. Сімонова І. І., Драчук У. Р., Галух Б. І., Басараб І. М., Коваль Г. М., Нуцковський Ю. Ю. Інноваційні підходи до покращення бар'єрних властивостей натуральних оболонок для ковбасних виробів	21
5. Купріяшкіна О. Біочар з рисової лузги: отримання та сорбційні властивості	30
6. Стукальська Н. М., Літвинчук С. І., Богдан О. С. Збагачення галетів інноваційними рослинними компонентами та їх спектроскопічна оцінка якості	39
7. Сімонова І. І., Драчук У. Р., Галух Б. І., Басараб І. М., Мороз О. О., Коваль Г. М., Гординська Ю.-І. Б. Технологічні особливості виробництва та якісні характеристики реструктурованих шинок з м'яса птиці з використанням ізоляту сочевиці	45
8. Мацук Ю. А., Гередчук А. М., Блесков І. В. Удосконалення технології паштетних виробів шляхом використання добавок з нетрадиційної сировини рослинного походження	54
9. Майкова С., Ромашко І., Маслійчук О., Вівчарук О. Інноваційні підходи до створення м'ясних напівфабрикатів з додаванням рослинних компонентів	60
10. Скульська І. В., Цісарик О. Й., Кішай Р. Ю., Горобець О. М., Левченко Ю. В. Особливості технології йогурту з пророщеними зернами	67
11. Овсієнко С. М., Новгородська Н. В. Нетрадиційна рослинна сировина у технології виробництва борошняних кондитерських виробів	72
12. Sobolieva A., Shemediyuk N., Muzyka V., Rudenko O., Malysheva Kh. Encapsulation of hydrophobic bioactive compounds in yeast cells: mechanisms, challenges, and applications in biotechnology	80
13. Tolok O., Malysheva Kh. Regulation of proliferative potential: insights into key signaling cascades and telomerase functions	85
14. Котляр Є. О., Єгоров Б. В., Левчук І. В. Сенсорні характеристики олійно-жирової продукції, отриманої з різних сортів винограду	91
15. Маковей Р., Шемедюк Н., Малишева Х., Двилюк І., Чохань М. Розробка біоінформатичного інструменту для ідентифікації представників мікробіому кишківника <i>Apis mellifera</i>	98
16. Афтаназів І. С., Шевчук Л. І., Свідрак І. Г., Строган О. І., Струтинська Л. Р. Диференціація вартості надання освітніх послуг в умовах часткової дистанційної форми навчання	103



**Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології**

**Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies**

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f102
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

Content

1. **Polishuk A. A., Birta G. O., Usenko S. O., Shostya A. M., Shaferivskyi B. S., Ilchenko M. O., Kuzmenko L. M.**
The influence of extruded cereals in composition of combined feeds on the quality of the obtained pork 3
2. **Salavelis A., Pavlovsky S., Molodan M.**
Innovative sports nutrition is the basis of sports results 9
3. **Hertsyk O., Tashak M., Pandiak N., Shalko A., Slobodnyj V.**
Corrosion resistance of modified amorphous cobalt alloys 14
4. **Simonova I., Drachuk U., Halukh B., Basarab I., Koval H., Nutskovskyi Y.**
Innovative approaches to improving the barrier properties of natural sausage casings 21
5. **Kupriyashkina O.**
Rice husk biochar: production and sorption properties 30
6. **Stukalska N. M., Litvynchuk S. I., Bohdan O. S.**
Enrichment of galets with innovative plant components and their spectroscopic quality assessment 39
7. **Simonova I., Drachuk U., Halukh B., Basarab I., Moroz O., Koval H., Hordynska Y.-I.**
Technological features of production and quality characteristics of restructured poultry ham with lentil isolate 45
8. **Matsuk Y., Geredchuk A., Bleskov I.**
Improving the technology of pate products by using additives from non-traditional raw materials of plant origin 54
9. **Maikova S., Romashko I., Masliychuk O., Vivcharuk O.**
Innovative approaches to the creation of semi-finished meat with the addition of vegetable components 60
10. **Skulska I. V., Tsisaryk O. Y., Kishai R. Yu., Horobets O.M., Levchenko Yu. V.**
Features of yogurt technology with germinated grains 67
11. **Ovsienko S. M., Novgorodska N. V.**
Non-traditional plant raw materials in the production technology of flour confectionery products . 72
12. **Sobolieva A., Shemediyuk N., Muzyka V., Rudenko O., Malysheva Kh.**
Encapsulation of hydrophobic bioactive compounds in yeast cells: mechanisms, challenges, and applications in biotechnology 80
13. **Tolok O., Malysheva Kh.**
Regulation of proliferative potential: insights into key signaling cascades and telomerase functions 85
14. **Kotliar Ye., Iegorov B., Levchuk I.**
Sensory characteristics of fat-and-oil products obtained from different grape cultivars 91
15. **Makovei R., Shemediyuk N., Malysheva Kh., Dvylyuk I., Chokhan M.**
Development of a bioinformatics tool for identifying members of the *Apis mellifera* gut microbiome 98
16. **Aftanaziv I. S., Shevchuk L. I., Svidrak I. G., Strogan O. I., Strutynska L. R.**
Differentiation of the cost of educational services in the context of partial distance learning 103

НАУКОВИЙ ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
імені С.З. ГЖИЦЬКОГО
заснований у 1998 році

Scientific Messenger
of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies

СЕРІЯ: ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ
SERIES: FOOD TECHNOLOGIES

Том 26 № 102

Підписано до друку 19.12.2024. Формат 60x84/8
Гарн. Times New Roman. Папір офсетний № 1. Ум. друк. арк. 13,02
Наклад 300 прим. Зам. № 19/12.

Друк ФОП Корпан Б.І.
Львівська обл., Пустомитівський р-н., с Давидів, вул. Чорновола 18
Ел. пошта: bkorpan@ukr.net, тел. 093-480-6141
Код ДРФО 1948318017, Свідоцтво про державну реєстрацію
В02 № 635667 від 13.09.2007