

УДК 664.022:582.263

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.10>

## ВОДОРОСТІ ЯК «СУПЕРФУД» У ТЕХНОЛОГІЯХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

**Пешук Л. В.** – доктор сільськогосподарських наук,  
професор кафедри харчових технологій  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
ORCID ID: 0000-0002-0967-8892

**Новікова Н. В.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри інженерії харчового виробництва  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

**Приходько Д. Ю.** – здобувач вищої освіти  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
ORCID ID: 0000-0002-4603-9352

Глобалізація змінює раціони людей. В умовах сьогодення посилюється увага споживачів до якості продуктів харчування. Це показує зміну пріоритетів на користь безпечних харчових продуктів з натуральної вітчизняної сировини. Нові харчові продукти з водоростями можуть стати важливим фізіологічним джерелом основних мікроелементів і за умови збалансованого раціону на 50% задовольнити потреби людини в основних мікроелементах. Істотним джерелом є мікроводорості *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis*. Нові види м'ясних продуктів з хлорелою і спіруліною дозволяють, з одного боку, нормалізувати надходження в організм людини вітамінів, мінеральних елементів, а з іншого сприяють виведенню важких металів, пестицидів, радіонуклідів, надаючи розробленим продуктам радіопротекторних властивостей. Цю можливість нам можуть надати «суперфуди», які стрімко набирають популярності. Завдяки високій харчовій цінності, зниженому впливу на навколишнє середовище та економічній стійкості, мікроводорості *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis* мають перспективи використання в якості функціональних інгредієнтів для покращення характеристик широкого спектру харчових продуктів. Тож ці суперфуди є перспективною сировиною не лише для спортивного, дієтичного та геродієтичного харчування, а в цілому, як харчова добавка та компонент будь-яких продуктів, асортимент яких на сьогодні дуже незначний. Тому для досягнення поставленої мети – проведено удосконалення технології м'ясних січених напівфабрикатів з додаванням мікроводоростей *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis* в кількості 1,5% та 3%, а також їх поєднання 1:1. Проведено органолептичну оцінку розроблених зразків, досліджено їх харчову та біологічну цінність. Проведені дослідження підтверджують і доводять доцільність і перспективність використання мікроводоростей у багатьох галузях України.

**Ключові слова:** мікроводорості, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, купаж олій, технологія, січені напівфабрикати.

### **Peshuk L. V., Novikova N. V., Prykhodko D. Y. Algae as a «superfood» in the technology of healthy food meat products**

Globalization is changing people's diets. In today's conditions, the attention of consumers to the quality of food products is increasing. This shows a change in priorities in favor of safe food products from natural domestic raw materials. New food products with algae can become an important physiological source of essential micronutrients and, provided a varied balanced diet, can meet 50% of human needs in essential micronutrients. An important source is the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*. New types of meat products with chlorella will allow, on the one hand, to normalize the intake of vitamins and mineral elements

*in the human body, and on the other hand, contribute to the removal of heavy metals, pesticides, radionuclides, giving the developed products radioprotective properties. This opportunity can be provided by "superfoods", which are rapidly gaining popularity. Due to their high nutritional value, reduced environmental impact and economic sustainability, microalgae Chlorella vulgaris and Spirulina platensis have prospects for use as functional ingredients to improve the characteristics of a wide range of food products. Therefore, these superfoods are promising raw materials not only for sports, diet and herodiet nutrition, but in general as a food additive and component of any dishes, the range of which is currently very small. Therefore, in order to achieve the goal, the technology of chopped meat semi-finished products was improved with the use of microalgae Chlorella vulgaris and Spirulina platensis in the amount of 1.5% and 3%, as well as their combination 1:1. An organoleptic evaluation of the developed samples was carried out, and their nutritional and biological value was investigated. The conducted studies confirm and prove the expediency and perspective of using microalgae in many sectors of Ukraine.*

**Key words:** *microalgae, Chlorella vulgaris, Spirulina platensis, blend of oils, technology, chopped semi-finished products.*

**Вступ.** У даний час харчові продукти, отримані з мікроводоростей, продаються як здорові продукти харчування і доступні споживачу у вигляді капсул, таблеток, порошків і рідин. Їх також використовують у харчовій промисловості: додають до цукерок, гумок, закусок, паст, локшини, сухих сніданків, вина та інших напоїв [1]. Широкого використання набули такі види мікроводоростей як *Spirulina plantesis*, *Chlorella sp.*, *Dunaliella terticola*, *Dunaliella saline* та *Aphanizomenon flos-aquae* завдяки їх високому вмісту білка та харчової цінності. Проте, останнім часом, саме вид хлорели та спіруліни домінують на світовому ринку мікроводоростей, оскільки вони набирають популярність у супермаркетах та магазинах здорового харчування [3]. За останні п'ять років ринок продуктів та напоїв, що містять мікро- та макроводорості суттєво збільшився. Було випущено 13 090 нових продуктів харчування до складу яких входять водорості та їх похідні, з них 5720 – у Європі. Використовують водорості у рецептурах продуктів не лише в якості функціонального інгредієнта, а як барвник, оскільки вони містять пігменти (хлорофіл, фікобіліни, каротиноїди), а також різноманітні біоактивні компоненти, які мають антиканцерогенні, антиоксидантні, антигіпертензивні та гепатопротекторні агенти [4].

**Постановка проблеми.** Культивування мікроводоростей наразі є перспективним напрямком сільського господарства, оскільки спектр їх використання є достатньо широким – це і виробництво продуктів харчування, кормів для тварин, добрив, біопалива. Кліматичні та сезонні фактори не впливають на їх розвиток, що дає можливість культивувати цю сировину протягом усього року. Вчені працюють над оптимізацією параметрів біореакторів для активного нарощування біомаси водоростей та переробки сировини, пошуку їх продуктивних видів та штамів [5]. Мікроводорості можна вирощувати в промислових масштабах у фітобіореакторах, що є закритими, керованими, автоматизованими системами безперервного циклу, що дозволяє найменш витратним чином підтримувати гігієну культури. Згідно з результатами досліджень, найбільш культивованими видами мікроводоростей є *Spirulina*, *Chlorella spp.*, *Nannochloropsis spp.* та *Haematococcus pluvialis*, культивуванням яких активно займаються фахівці Азії, Північної Америки та Європи [7].

Аналізуючи світовий асортимент харчових добавок та продуктів з водоростями, перевага надається зеленим мікроводоростям *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis*. Ці організми є суперфудами нового покоління, оскільки значно

переважають більшість продуктів за харчовою та біологічною цінністю. Мікрододорості у своєму складі мають високий вміст повноцінного білку (50–70%), який зумовлений наявністю усіх незамінних амінокислот, що не синтезуються в організмі людини, вітамінів ( $\beta$ -каротин, група В, РР, Е, С) та макро- і мікроелементів (калій, кальцій, магній, натрій, залізо, фосфор, цинк, мідь та ін.), ненасичених жирних кислот та пігментів. Таким чином, за допомогою цих суперфудів можна удосконалити технологію багатьох продуктів, збагатити їх харчову та біологічну цінність, наситити раціон вітамінами, мінеральними речовинами та амінокислотами [2, 6, 10].

Серед українських споживачів – це порівняно новий продукт, споживання якого лише починає в незначній мірі набирати обертів, оскільки відсутня реклама щодо корисних властивостей натурального продукту, проте мешканці Азії століттями використовували їх на рівні зі звичними для нас продуктами. Європейці та Американці водорості використовують переважно як біологічно активну добавку [7, 8]. Вітчизняний ринок мікрододоростей розвивається за для задоволення потреб прихильників здорового харчування, спортсменів та вегетаріанців, оскільки країни заходу задають тренди на продукти збагачені рослинними компонентами з функціональними властивостями [9]. Україна наразі має два підприємства, що культивують хлорелу – ТОВ «Хлорела Україна» та ТМ «Жива Хлорела» ФГ «У Самвела», які представляють асортимент мікрододоростей у рідкому та порошкоподібному вигляді. Виробник *Spirulina platensis* – компанія «Фуд Факторі» під ТМ «Spirulinka» виготовляє заморожену суспензію мікрододорості.

**Мета дослідження.** Удосконалити технологію січених напівфабрикатів з використанням натуральних біологічно цінних компонентів, що містять мікрододорості *Chlorella vulgaris* та *Spirulina platensis*, для фортифікації продукту без зміни його органолептичних показників.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні принципи розробки високоякісних харчових продуктів засновані на виборі та обґрунтуванні певних видів сировини у таких співвідношеннях, які б забезпечували прогнозовану якість, споживчі й функціональні властивості та максимальну збалансованість харчових компонентів за хімічним складом готової продукції. Щоб розширити асортимент і, водночас, поліпшити якість продукції до контрольної рецептури, згідно з ДСТУ 4437:2005 Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні січені, додавали мікроскопічні одноклітинні зелені водорості *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis* в кількості 1,5–3% у вигляді порошку. Для збалансування за жирнокислотним складом брали купаж олій, що дозволить скоригувати раціони харчування незамінними нутрієнтами, досягти необхідного співвідношення  $\omega$ -6 :  $\omega$ -3 жирних кислот і розширити асортимент м'ясних напівфабрикатів. Збалансованим вважається жирнокислотний склад харчового продукту при співвідношенні в ньому:

- ПНЖК : МНЖК : НЖК – 1 : 6 : 3;
- ПНЖК : МНЖК – 1 : 6;
- ПНЖК : НЖК – 1 : 3;
- НЖК : МНЖК – 1 : 2.

У разі невідповідності жирового складу традиційних жирових продуктів наведеним нормативним співвідношенням необхідно розробляти нові продукти комбінованого складу з оптимізованим жирокислотним складом.

Основною сировиною для виготовлення дослідних зразків було м'ясо куряче, оскільки воно є найдоступнішим для українського споживача. До рецептури

введено борошно льяне, з метою покращення харчової цінності продукту так як містить у своєму складі 34% білку, вітаміни групи В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>), макро- та мікроелементами (Са, К, Fe, Р, Zn, Cu, Se), поліненасичені жирні кислоти (омега-3 і омега-6). Гідратацію льяного борошна проводили 1:2. Для надання продукту функціональних властивостей, збалансованого жирнокислотного складу, було внесено купаж олій (волоського горіха, авокадо та льяної) у співвідношенні 3:2:1 відповідно. Олія волоського горіха та льяна мають високий вміст альфа-ліноленової кислоти (омега-3) і лінолевої кислоти (омега-6), олія авокадо – олеїнової, а також має високу температуру димлення (270 °С), що свідчить про збереження усіх її корисних речовин після термічної обробки.

Для проведення порівняння аналізу жирнокислотного складу олій, було обрано традиційну для України соняшникову олію згідно ДСТУ 4492:2005 Олія соняшникова. Технічні умови. В отриманому купажі (олія волоського горіха, авокадо та льяної – 3:2:1), співвідношення жирних кислот  $\omega-6 : \omega-3$  становить 3:1, що свідчить про його збалансованість у порівнянні з соняшnikовою олією. Борошно льяне та мікродорості додавали у фарш після проведення процесу гідратації для рівномірного поєднання усіх компонентів у рецептурі.

Таблиця 1

## Рецептури січених напівфабрикатів

Сировина	Рецептури					
	Контроль (згідно з ДСТУ 4437:2005)	№1	№2	№3	№4	№5
Кількість основної сировини, % на 100 кг						
М'ясо куряче	65	61	57	61	57	59
Борошно льяне	4	4	4	4	4	4
Вода на гідратацію борошна	6	6	6	6	6	6
Яйця	11	10	10	10	10	10
Цибуля ріпчаста	8	8	8	8	8	8
Купаж олій	6	6	6	6	6	6
<i>Chlorella vulgaris</i>	-	1,5	3	-	-	1
<i>Spirulina platensis</i>	-	-	-	1,5	3	1
Вода на гідратацію водоростей	-	3,5	6	3,5	6	5
Спеції, % до основної сировини						
Сіль кухонна	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Перець чорний мелений	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Сенсорні аспекти відіграють ключову роль у визначенні сприйняття харчових продуктів споживачами. Порошки, які традиційно отримують із мікродоростей, культивованих фотосинтетично у ставках на відкритому повітрі або в закритих фотобіореакторах, мають надто темно-зелений колір (із-за хлорофілу) разом із сильним неприємним смаком, який може поставити під загрозу їх використання в продукті.

За даними органолептичної оцінки найкращим виявився зразок №2 в рецептурі якого вміст *Chlorella vulgaris* становив 3%. Найгіршим – зразок №3 до рецептури

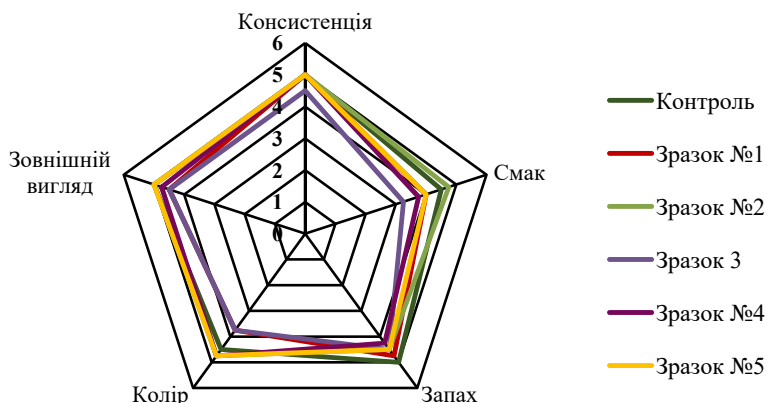


Рис. 1. Профілограма органолептичної оцінки розроблених зразків

якого було введено *Spirulina platensis* в кількості 1,5 %, за смаком та кольором його бали суттєво нижчі за інші експериментальні зразки (рис. 1).

Для розрахунку біологічної цінності розроблених напівфабрикатів було взято дані FAO/ВОЗ (2011 року), щодо еталонного значення незамінних амінокислот. Розрахунковим методом було визначено амінокислотний скор незамінних амінокислот відносно кожного зразка, коефіцієнти розбалансованості амінокислотного складу, біологічну цінність та індекси незамінних амінокислот (табл. 2).

За амінокислотним складом найкращим виявився зразок №2 в рецептуру якого було введено *Chlorella vulgaris* в кількості 3%. Серед незамінних амінокислот найбільше значення у розроблених напівфабрикатах отримали лізин, лейцин, валін та фенілаланін. Лізин є найважливішою незамінною амінокислотою, впливає на ріст, регулює процеси кровотворення та зберігає імунну систему організму. Лейцин нормалізує діяльність щитоподібної залози та нирок, стимулює розщеплення холестерину. Валін покращує розумову діяльність та працездатність, нормалізує діяльність нервової системи. Фенілаланін покращує пам'ять, увагу та настрій, поліпшує функціонування кровоносної системи. По біологічній цінності зразок №5 не поступався контрольному, а зразки №3 та 4 – перевершували контроль. Індекс не замінних амінокислот був вище у зразках №1 та №2 з використанням хлорели.

**Висновки.** Мікрододорості *Chlorella vulgaris* та *Spirulina platensis* є перспективною сировиною для їх масового використання в різних галузях промисловості і харчові виробництва не є виключенням. Найпростіший спосіб використання мікрододоростей у харчових технологіях – це удосконалення звичної для українського споживача продукції шляхом внесення цих суперфудів до її складу. У такий спосіб нами було удосконалено технологію січених напівфабрикатів. Проведено органолептичну оцінку розроблених напівфабрикатів їх харчову та біологічну цінність. Проаналізувавши отримані дані по кожному зразку, найкращим за переважною більшістю показників виявився зразок №2 з використанням *Chlorella vulgaris* в кількості 3 %. Він значно перевищив деякі зразки за органолептичною оцінкою та виявився найзбалансованішим за вмістом незамінних амінокислот. Таким чином, на підставі отриманих даних, доведено, що використання мікрододоростей у технології м'ясних напівфабрикатів

Таблиця 2  
**Біологічна цінність розроблених напівфабрикатів**

Амінокислота	ФАО/ВОЗ г/100 г білка (2011)	Контроль (згідно з ДСТУ 4437:2005)		Зразок №1		Зразок №2		Зразок №3		Зразок №4		Зразок №5	
		г/100 г	СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %
Valine	4,0	6,1	152,3	6,4	159,3	6,7	168,5	6,1	151,5	6,1	153,3	6,3	157,5
Isoleucine	3,0	4,9	162,6	5,1	169,7	5,4	179,3	4,9	163,0	5,0	166,0	5,1	169,0
Leucine	6,1	8,4	137,2	8,5	139,5	8,8	143,7	8,3	136,5	8,4	137,9	8,5	139,2
Lysine	4,8	9,0	187,9	9,0	187,5	9,1	189,2	8,7	180,4	8,4	175,4	8,8	183,3
Methionine+ cystine	2,3	3,5	150,8	3,4	149,1	3,4	149,1	3,4	147,8	3,3	146,9	3,4	148,7
Threonine	2,5	5,1	204,8	5,3	212,8	5,6	222,8	5,1	202,0	5,1	202,0	5,2	209,2
Tryptophan	1,0	1,9	189,0	2,0	201,0	2,1	202,0	1,9	187,0	1,8	184,0	2,0	195,0
Phenylalanine+ tyrosine	4,1	6,0	145,1	6,1	148,5	6,3	152,9	5,9	144,4	6,0	144,9	6,1	147,6
Індекс незамінних амінокислот		2,94		3,02		3,11		2,9		2,9		2,98	
Біологічна цінність, %		70,9		68,6		67,7		72,4		74,1		70,5	
Коефіцієнт різниці амінокислотного СКОР (КРАС), %		29,1		31,4		32,3		27,6		25,9		29,5	

є доцільним для покращення показників якості та розширення асортименту без погіршення їх органолептичних властивостей.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Prüser, T. F., Braun, P. G., Wiacek, C. (2021). Microalgae as a novel food. Potential and legal framework. *Ernahrungs Umschau*, 68(4), P 78–85.
2. Бахмач В.О., Пешук Л.В., Чернушенко О.О., Савченко А.М., Петренко С.О. Використання інноваційних технологій та компонентів у емульсійних продуктах. *Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*, 2022, № 1(1363) С. 18–22.
3. Torres-Tijji, Y., Fields, F. J., Mayfield, S. P. (2020). Microalgae as a future food source. *Biotechnol. Adv.*, 41.
4. Andrade, L.M., Andrade, C.J., Dias, M., Nascimento, C.A. O., Mendes, M. A. Chlorella and Spirulina Microalgae as Sources of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements. *MOJ Food Process Technol*, 6(1), 45–58.
5. Adibah, W., Aizuddin, W., et al. Recent advances on microalgae cultivation for simultaneous biomass production and removal of wastewater pollutants to achieve circular economy. *Bioresource Technology*, P. 364.
6. Пешук Л. В., Сімонова І. І. Тренд сучасності – продукція оздоровчого призначення з мікроводорослями. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. 2022. Т. 24. №24 (97). С. 33–38.
7. Araújo, R., Vázquez-Calderón, F., Sánchez-López, J., Stefansson, T., Ullmann, J. Current status of the algae production industry in Europe: an emerging sector of the blue bioeconomy. *Front. Mar. Sci.* 7.
8. Camacho, F., Macedo, A., Malcata, F. Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review. *Marine Drugs*, 17(6).
9. Vaz, B., Moreira, J., Morais, M., Costa, J. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Curr Opin Food Sci*, 7: 73-77.
10. Пешук, Л.В., Приходько, Д.Ю. (2022). Сучасні технології використання зелених мікроводоростей у напівфабрикатах. *Scientific Collection «InterConf»*, 297–302.

### REFERENCES:

1. Prüser, T. F. & Braun, P. G., Wiacek, C. (2021). Microalgae as a novel food. Potential and legal framework. *Ernahrungs Umschau*, 68(4), 78–85.
2. Bakhmach V.O. & Peshuk L.V., Chernushenko O.O., Savchenko A.M., Petrenko S.O. (2022) Use of innovative technologies and components in emulsion products. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovative research in students' scientific works*, 2022, No. 1 (1363) P. 18–22
3. Torres-Tijji & Y., Fields, F. J., Mayfield, S. P. (2020). Microalgae as a future food source. *Biotechnol. Adv.*, P.41.
4. Andrade, L. M. & Andrade, C. J., Dias, M., Nascimento, C. A. O., Mendes, M.A. (2018). Chlorella and Spirulina Microalgae as Sources of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements. *MOJ Food Process Technol*, 6(1), P. 45–58.
5. Adibah, W. & Aizuddin, W., et al. (2022). Recent advances on microalgae cultivation for simultaneous biomass production and removal of wastewater pollutants to achieve circular economy. *Bioresource Technology*, P. 364.
6. Peshuk L. V. & Simonova I. I. (2022). Current trend – products for health purposes with microalgae. *Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzytsky*. Vol. 24. No. 24 (97). P. 33–38.

7. Araújo, R. & Vázquez-Calderón, F., Sánchez-López, J., Stefansson, T., Ullmann, J., (2021). Current status of the algae production industry in Europe: an emerging sector of the blue bioeconomy. *Front. Mar. Sci.* 7.
  8. Camacho, F. & Macedo, A., Malcata, F. (2019). Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review. *Marine Drugs*, 17(6).
  9. Vaz, B. & Moreira, J., Morais, M., Costa, J. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Curr Opin Food Sci*, 7: 73-77.
  10. Peshuk, L.V. & Prykhodko, D.Y. (2022). MODERN TECHNOLOGIES OF USING GREEN MICROALGAE IN SEMI-FINISHED PRODUCTS. Scientific Collection «InterConf», P. 297–302.
-