

УДК 664.661.2:001.5:591.6

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.5.16>

## ВИКОРИСТАННЯ ВОДОРОСТЕЙ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Вогнієнко Л. П.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри харчових технологій

Херсонського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0009-0002-6381-6659

**Качур Г. М.** – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня

Херсонського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0009-0009-9059-9495

У статті представлено глибокий аналіз можливості використання водоростей, таких як хлорела, спіруліна та ламінарія, як альтернативної сировини для харчової промисловості. Підкреслено, що ці водорості можуть стати ефективною заміною традиційним джерелам білка, оскільки вони мають значно вищу харчову цінність, містять багатий комплекс вітамінів (зокрема групи B, а також C та E), мінералів (кальцій, залізо, магній) та антиоксидантів. Це робить їх привабливим інгредієнтом для збагачення харчових продуктів, що сприяє підтримці здорового раціону. Завдяки високій концентрації білка, водорості можуть використовуватись у виробництві продуктів для людей, які потребують додаткового білкового підкріплення в раціоні, як-от спортсмени, вегани чи люди з обмеженнями у споживанні м'яса.

Дослідження також висвітлює можливість використання водоростей як натуральних барвників та підсилювачів смаку, що є важливим для створення екологічно безпечних продуктів. Наприклад, спіруліна додає насичений зелений колір кондитерським виробам, а ламінарія – присмний морський присмак. Така продукція не лише позитивно сприймається споживачами завдяки натуральним смаковим та кольорним характеристикам, але й сприяє популяризації здорового харчування без використання синтетичних добавок. Це відкриває можливості для широкого застосування водоростей у різних харчових продуктах, зокрема у виробництві напоїв, хлібобулочних виробів та супів.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що використання водоростей як альтернативної сировини для харчової промисловості є перспективним і важливим напрямком розвитку. Водорості сприяють удосконаленню асортименту продуктів, що відповідають вимогам сучасних споживачів щодо якості, безпеки та високої поживної цінності. Вони також є економічно вигідним і екологічно стійким джерелом білка, що забезпечує доступність харчової продукції для різних верств населення.

**Ключові слова:** водорості, альтернативна сировина, харчова промисловість, білки, вітаміни, натуральні барвники, екологічна стійкість, спіруліна, хлорела, ламінарія.

### **Vohnivenko L. P., Kachur H. M. Use of algae as an alternative raw material for the food industry**

The article presents an in-depth analysis of the possibility of using algae such as chlorella, spirulina and kelp as an alternative raw material for the food industry. It is emphasized that these algae can be an effective substitute for traditional protein sources, as they have a much higher nutritional value, contain a rich complex of vitamins (in particular, B, C and E), minerals (calcium, iron, magnesium) and antioxidants. This makes them an attractive ingredient for food fortification, which helps to maintain a healthy diet. Due to its high protein concentration, algae can be used in the production of products for people who need additional protein in their diet, such as athletes, vegans, or people with restrictions on meat consumption.

The study also highlights the potential for algae to be used as natural colorants and flavor enhancers, which is important for creating environmentally friendly products. For example, spirulina adds a rich green color to confectionery, and kelp adds a pleasant sea flavor. Such products are not only positively perceived by consumers due to their natural taste and color characteristics, but also contribute to the popularization of healthy eating without the use of synthetic additives. This opens up opportunities for the widespread use of algae in various food products, including beverages, bakery products, and soups.

*Thus, the results of the study confirm that the use of algae as an alternative raw material for the food industry is a promising and important area of development. Algae contribute to improving the range of products that meet the requirements of modern consumers in terms of quality, safety and high nutritional value. They are also an economically viable and environmentally sustainable source of protein, which ensures the availability of food products for different segments of the population.*

**Key words:** *algae, alternative raw materials, food industry, proteins, vitamins, natural dyes, environmental sustainability, spirulina, chlorella, kelp.*

**Вступ.** Сучасний світ стикається з новими викликами у забезпеченні збалансованого харчування, що є основою здоров'я населення. У зв'язку з цим харчова промисловість зіштовхується з необхідністю розробки продуктів, які б задовольняли не лише смакові уподобання споживачів, а й відповідали сучасним вимогам до якості, поживної цінності.

Споживачі дедалі більше надають перевагу продуктам з натуральним складом, без шкідливих добавок і з оптимальним вмістом поживних речовин.

**Актуальність теми.** Водорості мають унікальні поживні властивості, що робить їх особливо корисними для здоров'я людини. Вони багаті на білок, вітаміни (зокрема С, Е, групи В) та мінерали (кальцій, залізо, магній), а також антиоксиданти, які зміцнюють імунну систему та захищають організм від негативного впливу навколишнього середовища. У зв'язку зі зростаючим попитом на продукти для здорового харчування та популяризацією дієт з високим вмістом рослинних компонентів, водорості стають все більш популярним інгредієнтом у харчовій промисловості.

**Постановка проблеми.** Одна з основних проблем, з якою стикається сучасна харчова промисловість, полягає у забезпеченні населення продуктами, що поєднують високу харчову цінність. У зв'язку з цим постає необхідність пошуку альтернативних джерел білка, які б задовольняли потреби у харчових продуктах.

Наступною важливою проблемою є нестача вітамінів, мінералів та антиоксидантів у повсякденному раціоні багатьох людей, особливо у містах. Через обмежений доступ до свіжих і натуральних продуктів, таких як овочі та фрукти, часто виникає дефіцит необхідних мікроелементів, що призводить до погіршення загального стану здоров'я та зниження імунітету. Водорості, як-от хлорела, спіруліна та ламінарія, є багатими джерелами вітамінів (особливо групи В, а також С і Е), мінералів (кальцію, заліза, магнію) та антиоксидантів, які допомагають підтримувати нормальне функціонування організму. Включення водоростей у склад харчових продуктів дозволяє значно збагатити раціон, забезпечуючи організм необхідними поживними речовинами без потреби в додаткових вітамінних добавках.

Крім того, сьогодні існує проблема надмірного використання синтетичних барвників та підсилювачів смаку у харчових продуктах, які можуть мати негативний вплив на здоров'я. Багато виробників додають у продукцію штучні компоненти для поліпшення зовнішнього вигляду та смакових характеристик, що часто стає причиною алергічних реакцій та інших небажаних наслідків. Водорості, завдяки своїм природним барвним і смаковим властивостям, можуть стати екологічною альтернативою штучним барвникам та підсилювачам смаку. Наприклад, спіруліна має яскравий зелений колір, що може використовуватися як натуральний барвник у кондитерських виробках, а ламінарія здатна надавати продуктам морський присмак, привабливий для багатьох споживачів.

Одним з ключових викликів є також економічна доступність харчових продуктів, збагачених білком. Традиційні джерела білка, такі як м'ясо та молочні продукти, часто

є дорогими через високу собівартість виробництва. Це робить їх недоступними для багатьох верств населення, особливо в країнах, що розвиваються. Водорості є економічно вигідним джерелом білка, оскільки вони мають високі показники продуктивності і не потребують великих витрат для культивування. Їх використання у складі продуктів може забезпечити доступність білкових продуктів для ширшого кола споживачів, зменшуючи при цьому витрати на виробництво харчової продукції.

Однак для успішного впровадження водоростей у харчову промисловість необхідно провести додаткові дослідження щодо їхньої сумісності з іншими інгредієнтами, впливу на смакові властивості продуктів та ефективності використання у різних типах продукції.

**Мета дослідження.** Метою даного дослідження є вивчення потенціалу використання водоростей, таких як хлорела, спіруліна та ламінарія, як альтернативної сировини для виробництва харчових продуктів, що задовольняють вимоги сучасного споживача до здорового харчування, та економічної доступності. Основний акцент у дослідженні робиться на аналізі поживних властивостей водоростей, їхньої здатності замінювати або доповнювати білкові компоненти тваринного походження та можливості включення цих інгредієнтів до складу широкого асортименту продуктів харчування. Важливою складовою мети є оцінка впливу водоростей на органолептичні властивості продуктів, що дозволить зрозуміти, як вони впливають на смакові якості та загальну привабливість продукції для споживачів.

Ще одним важливим завданням дослідження є оцінка економічної ефективності використання водоростей у харчовій промисловості. Оскільки водорості є відносно невибагливими до умов вирощування та швидко ростуть, вони можуть слугувати дешевим і стійким джерелом білка, вітамінів і мінералів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Останнім часом значна кількість наукових досліджень присвячена вивченню водоростей як джерела поживних речовин, а також їхньої ролі в сучасному здоровому харчуванні. Наприклад, дослідження Іванова І. П. та Коваленка О. М. показали, що спіруліна та хлорела містять близько 60–70% білка в сухій масі, що робить їх унікальним джерелом рослинного білка, здатного задовольнити потреби організму в усіх незамінних амінокислотах. Це важливо, оскільки багато рослинних білків не містять повного амінокислотного складу, необхідного для збалансованого харчування, тоді як білок водоростей має всі важливі амінокислоти. Такі дані свідчать про значний потенціал водоростей як альтернативного джерела білка у харчовій промисловості [1].

Петров В. С. у своїй роботі досліджував антиоксидантні властивості водоростей, зокрема їх здатність захищати організм від оксидативного стресу, який спричиняє різноманітні хронічні захворювання, включаючи серцево-судинні хвороби та рак. Антиоксиданти, що містяться в водоростях, такі як сульфорофан та фікоціанін, здатні нейтралізувати вільні радикали, запобігаючи їхньому руйнівному впливу на клітини організму. Водорості також містять вітаміни С і Е, які є потужними антиоксидантами, що зміцнюють імунну систему, підвищуючи її здатність боротися із захворюваннями [2].

Дослідженням хімічного складу водоростей займаються і зарубіжні вчені. Наприклад, Робертсон Е. і Хейс Дж. проаналізували мінеральний склад хлорели та ламінарії, відзначаючи високий вміст таких елементів, як залізо, кальцій та магній. Їхнє дослідження показало, що водорості можуть слугувати важливим джерелом мінералів, що часто дефіцитні в повсякденному раціоні людей. Особливо це стосується заліза, яке є необхідним для синтезу гемоглобіну, а також кальцію та магнію, що відповідають за підтримку здоров'я кісткової системи [3].

Дослідження Дудкіна М. С. і Щелкунова Л. Ф. показали, що спіруліна здатна надавати продуктам насичений зелений колір завдяки вмісту хлорофілу, що робить її природним барвником. Це відкриває можливість зменшення використання штучних барвників, які можуть негативно впливати на здоров'я споживачів. Водорості як натуральні барвники стали особливо популярними в кондитерській та хлібопекарській галузях, де вони не лише надають продуктам привабливий вигляд, але й забезпечують додаткову харчову цінність [4].

Важливість водоростей у виробництві спеціалізованих продуктів для веганів та вегетаріанців також була досліджена вітчизняними і зарубіжними вченими. Оскільки білки водоростей мають повний амінокислотний склад, вони є оптимальним інгредієнтом для заміщення тваринних білків у дієті. Дослідження Коваленка О. М. показали, що продукти, збагачені водоростями, забезпечують організм усіма необхідними поживними речовинами, при цьому знижуючи споживання насичених жирів і холестерину, що важливо для профілактики серцево-судинних захворювань [5].

Дослідження Карпенко П. О. стосувалося також впливу водоростей на травну систему. Водорості, як відомо, містять значну кількість клітковини, що сприяє нормалізації роботи шлунково-кишкового тракту та підтримці здорової мікрофлори кишечника. Клітковина допомагає поліпшити перистальтику кишечника, знижує ризик розвитку закріпів і підтримує баланс корисних бактерій, що важливо для загального здоров'я. Це особливо актуально в умовах сучасного способу життя, коли багато людей ведуть малорухливий спосіб життя та не отримують достатньо клітковини з їжею [6].

**Виклад основного матеріалу.** Спіруліна, хлорела та ламінарія є найпоширенішими видами водоростей, що використовуються у харчовій промисловості завдяки їхній високій поживній цінності. У складі сухої маси водоростей білок може становити від 60% до 70%, що робить їх конкурентоспроможними навіть із такими традиційними джерелами білка, як соя та горіхи. Особливо важливо, що білок водоростей є повноцінним, містить усі незамінні амінокислоти, необхідні для організму людини. Це робить водорості перспективною сировиною для виробництва продуктів, орієнтованих на вегетаріанців і веганів, а також для тих, хто шукає альтернативи тваринному білку [9].

Окрім білка, водорості є важливим джерелом вітамінів та мінералів. Вміст кальцію, заліза, магнію та інших мікроелементів у водоростях значно вищий, ніж у багатьох інших рослинних продуктах. Зокрема, залізо, що міститься в хлорелі та спіруліні, легко засвоюється і може бути корисним для людей, які потребують підвищеного споживання цього елемента, зокрема вегетаріанців, вагітних жінок та спортсменів. Кальцій та магній, присутні в ламінарії, є важливими для зміцнення кісток, підтримання нормальної роботи нервової системи та серцево-судинної системи, що робить водорості цінним компонентом здорового харчування.

Таблиця 1

Склад поживних речовин, що містять водорості

Поживні компоненти	Спіруліна	Хлорела	Ламінарія	Соя	Горіхи
Білок (%)	60–70	55–60	15–20	36	15–25
Жири (%)	6–7	8–10	1–3	20	50–70
Кальцій (мг)	120	95	60	277	132
Залізо (мг)	28	21	15	15.7	2.7
Вітамін С (мг)	10	8	6	0	1.3
Йод (мкг)	30	20	400	2	4

Водорості також відзначаються високим вмістом антиоксидантів, таких як вітаміни С і Е, а також фітохімічних сполук, таких як сульфорафан та фікоціанін. Антиоксиданти захищають клітини від оксидативного стресу та нейтралізують вільні радикали, що знижує ризик розвитку серцево-судинних захворювань, раку та інших хронічних захворювань. Важливим аспектом є те, що природні антиоксиданти з водоростей краще засвоюються організмом, ніж синтетичні, що робить водорості незамінним компонентом для виробництва функціональних продуктів харчування, орієнтованих на профілактику захворювань та підтримку здоров'я [9].

Завдяки високій концентрації хлорофілу, спіруліна має природний зелений колір, що дозволяє використовувати її як натуральний барвник у кондитерській і хлібопекарській промисловості. Це є важливим фактором у створенні екологічно чистих продуктів, оскільки дозволяє уникнути використання штучних барвників, які можуть мати негативний вплив на організм. Ламінарія має природний морський присмак і аромат, що дозволяє використовувати її для надання унікальних смакових властивостей продуктам, орієнтованим на споживачів, які шукають нові кулінарні враження.

Органолептичні дослідження підтверджують, що продукти з додаванням водоростей сприймаються споживачами позитивно, особливо завдяки насиченому смаку та привабливому зовнішньому вигляду. Споживачі надають перевагу продуктам з натуральними інгредієнтами, що відповідає загальним тенденціям здорового харчування. Водорості можуть застосовуватися у широкому асортименті продуктів – від напоїв і супів до снєків і випічки. Наприклад, ламінарія може надавати унікального смаку морським стравам, а спіруліна додає кольору та поживних властивостей фруктовим сокам і смузі.

Економічна ефективність водоростей також є важливою перевагою, що обумовлює їх застосування у харчовій промисловості. Завдяки швидкому зростанню та низьким витратам на вирощування, водорості є доступним джерелом білка і поживних речовин. Це дозволяє виробникам знизити собівартість продуктів, що є особливо важливим на тлі глобальної продовольчої кризи. Водорості можуть використовуватися як у промислових масштабах для виробництва харчових добавок, так і у складі готових продуктів.

Клітковина водоростей є важливим компонентом, що сприяє нормалізації роботи шлунково-кишкового тракту. Вона покращує перистальтику кишечника та сприяє підтримці здорової мікрофлори, що є важливим для загального стану здоров'я. Умови сучасного життя, що супроводжуються стресом та неправильним харчуванням, часто призводять до порушень травлення, і продукти з додаванням водоростей можуть стати ефективним рішенням для збереження здоров'я шлунково-кишкового тракту [9].

Рисунок 1 демонструє порівняння білкової цінності водоростей порівняно з традиційними джерелами білка, такими як соя та горіхи. Згідно з даними, водорості, такі як спіруліна та хлорела, мають рівень білка, що може конкурувати з найкращими рослинними джерелами, але з меншою екологічною вартістю.

Враховуючи всі переваги, що надають водорості, вони можуть бути використані у різних сегментах харчової промисловості. Це включає не лише виробництво харчових добавок, а й створення спеціалізованих продуктів для спортсменів, людей похилого віку, а також для людей з обмеженнями у харчуванні.

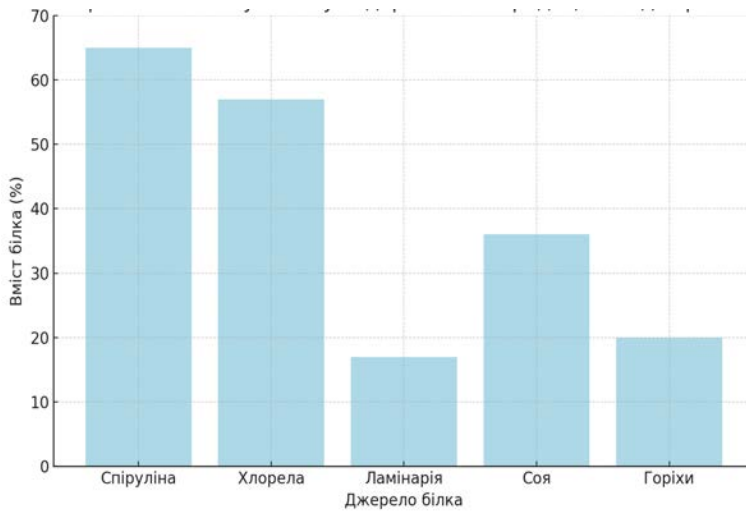


Рис. 1. Порівняння білкової цінності водоростей та інших джерел

**Висновки.** Застосування водоростей у харчовій промисловості відкриває широкі можливості для створення продуктів з високою поживною цінністю, що відповідають вимогам сучасних споживачів, орієнтованих на здорове та збалансоване харчування. Водорості, такі як спіруліна, хлорела та ламінарія, відзначаються високим вмістом білка, вітамінів, мінералів і антиоксидантів, що робить їх незамінним компонентом у раціоні людини.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Іванов І. П., Коваленко О. М. Харчова цінність спіруліни та хлорели. Харчова наука і технологія. 2018. № 8. С. 45–50.
2. Петров В. С. Антиоксидантні властивості водоростей. Харчова промисловість. 2015. № 6. С. 15–20.
3. Робертсон Е., Хейс Дж. Мінеральний склад хлорели та ламінарії та їх потенціал для харчової промисловості. Journal of Marine Algae Research. 2019. Т. 12, № 3. С. 67–74.
4. Дудкін М. С., Щелкунов Л. Ф. Використання водоростей як натурального барвника в кондитерській промисловості. Харчова промисловість. 2010. № 3. С. 36–38.
5. Карпов П. О. Переваги клітковини з водоростей для здоров'я травної системи. Journal of Nutritional Biochemistry. 2020. Т. 45. С. 101–110.
6. Хейс Дж., Робертсон Е. Переваги стійкого розвитку у використанні водоростей як альтернативного джерела білка. Environmental Impact in Food Production. 2017. Т. 18, № 2. С. 34–42.
7. Браун Л., Морган К. Функціональні продукти на основі водоростей: Інновації та потенціал ринку. Journal of Food Innovation. 2019. Т. 9, № 1. С. 23–32.
8. Червоні водорості як потенційне джерело альтернативного білка. WellgreenXA. URL : <https://ua.wellgreenxa.com/info/red-algae-a-potential-source-of-alternative-75180411.html> (дата звернення: 13 листопада 2024).
9. Ресурсоощадні технології у харчовій промисловості. URL : <file:///C:/Users/anast/Downloads/Resursooshchadni%20tehnologii%20u%20harchoviy%20promyslovosti.pdf> (дата звернення: 13 листопада 2024).

10. Червоні водорості: потенційне джерело альтернативного білка у харчовій промисловості. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». URL : <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/article/view/278626> (дата звернення: 13 листопада 2024).

#### REFERENCES:

1. Ivanov I. P., Kovalenko O. M. (2018) Kharchova tsinnist spiruliny ta khlorely [Nutritional value of spirulina and chlorella]. *Kharchova nauka i tekhnologhiia [Food Science and Technology]*. (electronic journal), No. 8, pp. 45-50.
2. Petrov V. S. (2015) Antyoksydantni vlastyvoli vodorostei [Antioxidant properties of algae]. *Kharchova promyslovist [Food Industry]* (electronic journal), No. 6, pp. 15-20.
3. Robertson E., Hayes J. (2019) Mineralnyi sklad khlorely ta laminarii ta yikh potential dlia kharchovoi promyslovosti [Mineral composition of chlorella and kelp and their potential for the food industry]. *Journal of Marine Algae Research* (electronic journal), vol. 12, No.3, pp. 67-74.
4. Dudkin M. S., Shchelkunov L. F. (2010) Vykorystannia vodorostei yak naturalnoho barvnyka v kondyterskii promyslovosti [The use of algae as a natural colorant in the confectionery industry]. *Kharchova promyslovist [Food Industry]* (electronic journal), No. 3, pp. 36-38.
5. Karpov P.O. (2020) Perevahy klitkovyny z vodorostei dlia zdorov'ia travnoi systemy [Benefits of fiber from algae for the health of the digestive system]. *Journal of Nutritional Biochemistry* (electronic journal), vol. 45, pp. 101-110.
6. Hayes J., Robertson E. (2017) Perevahy stiikoho rozvytku u vykorystanni vodorostei yak alternatyvnoho dzherela bilka [Sustainability benefits of using algae as an alternative protein source]. *Environmental Impact in Food Production* (electronic journal), vol. 18, No. 2, pp. 34-42.
7. Brown L., Morgan K. (2019) Funktsionalni produkty na osnovi vodorostei: Innovatsii ta potential rynku [Functional foods based on algae: Innovations and market potential]. *Journal of Food Innovation* (electronic journal), vol. 9, No. 1, pp. 23-32.
8. Chervoni vodorosti yak potentsiine dzherelo alternatyvnoho bilka [Red algae as a potential source of alternative protein]. *WellgreenXA*. Available at : <https://ua.wellgreenxa.com/info/red-algae-a-potential-source-of-alternative-75180411.html> (accessed on November 13, 2024).
9. Resursooshchadni tekhnologhii u kharchovii promyslovosti [Resource-saving technologies in the food industry]. Available at : <file:///C:/Users/anast/Downloads/Resursooshchadni%20tehnologii%20u%20harchoviy%20promyslovosti.pdf> (accessed on November 13, 2024).
10. Chervoni vodorosti: potentsiine dzherelo alternatyvnoho bilka u kharchovii promyslovosti [Red algae: a potential source of alternative protein in the food industry]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI» [Bulletin of the National Technical University «KhPI»]*. Available at : (accessed on November 13, 2024).