

УДК 633.529.3:664.022

doi:10.20998/2413-4295.2023.02.12

ОГЛЯД СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА ІННОВАЦІЙНИХ ПРОДУКТІВ З ВОДОРОСТЕЙ

Л. В. ПЕШУК¹, І. І. СІМОНОВА², Д. Ю. ПРИХОДЬКО¹

¹ кафедра харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, УКРАЇНА

² кафедра технологій м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, Львів, УКРАЇНА

*e-mail: dashaprihodko097@gmail.com

АНОТАЦІЯ Близько 70 % земної поверхні вкрито морями та океанами. Морське середовище забезпечує широкий спектр різноманітних природних джерел. З огляду на недостатність харчових ресурсів для здорового та активного життя населення світу, актуальним питанням сьогодення є дослідження альтернативних джерел їжі, включаючи морські біоресурси, серед яких провідними є водорості. Збільшення світового ринку функціональних продуктів потребує вивчення нових натуральних харчових інгредієнтів. Таким чином, в останні роки можливість використання водоростей та сполук отриманих з них для виготовлення інноваційних харчових продуктів викликає всесвітній інтерес. Традиційно їстівні водорості можна класифікувати на три різні групи: зелені водорості (*Chlorophyta*), бурі водорості (*Ochrophyta*, *Phaeophyceae*) і червоні водорості (*Rhodophyta*). Потреба в продовольстві щоденно спонукає досліджувати більш стійкі альтернативи білкової сировини. Мікро- та макроводорості багаті білком, харчовими волокнами, полісахаридами, ліпідами і поліненасиченими жирними кислотами, пігментами, вітамінами і мінералами. Саме тому у харчовій промисловості водорості використовують не лише в якості інгредієнтів, а як високобілкові, вітамінізовані харчові добавки, біобарвники, біостимулятори та регулятори росту. Водорості є низькокалорійними продуктами, що надає їм переваги перед більшістю рафінованих компонентів раціону. Крім того, їх широкий склад есенціальних речовин якісно впливає на попередження та подолання багатьох проблем зі здоров'ям, таких як серцево-судинні патології, шкіряні захворювання, гіповітаміноз, йододєфіцит. Зважаючи на збільшення попиту рослинних дієт збагачених білковими компонентами, водорості та їх побічні складники можна ефективно використовувати для розробки нових харчових продуктів, забезпечуючи багату біомасу як замітник рослинним м'ясним альтернативам.

Ключові слова: водорості; біомаса; харчові продукти; компоненти; натуральність.

OVERVIEW OF DEVELOPMENT STRATEGIES AND FEATURES OF PRODUCTION OF INNOVATIVE ALGAE PRODUCTS

L. PESHUK¹, I. SIMONOVA², D. PRYKHODKO¹

¹ Department of Meat Technology, Dnipro National University named after O. Honchar, Dnipro, UKRAINE

² Department of Meat, Oil and Fat Products Technology, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, UKRAINE

ABSTRACT About 70% of the earth's surface is covered by seas and oceans. The marine environment provides a wide range of diverse natural sources. Given the lack of food resources for a healthy and active life of the world's population, the research of alternative sources of food, including marine biological resources, among which algae are the leading ones, is an urgent issue today. The increase in the global market of functional food products requires the study of new natural food ingredients. Thus, in recent years, the possibility of using algae and compounds obtained from them for the production of innovative food products has attracted worldwide interest. Traditionally, algae can be classified into three different groups: green algae (*Chlorophyta*), brown algae (*Ochrophyta*, *Phaeophyceae*) and red algae (*Rhodophyta*). The need for food daily prompts us to explore more sustainable alternatives for protein raw materials. Micro- and macroalgae are rich in protein, dietary fibers, polysaccharides, lipids and polyunsaturated fatty acids, pigments, vitamins and minerals. That is why in the food industry algae are used not only as ingredients, but as high-protein, vitaminized food additives, biostimulants and growth regulators. Algae are low-calorie foods, which gives them advantages over most refined components of the diet. In addition, their wide composition of essential substances has a qualitative effect on the prevention and overcoming of many health problems, such as cardiovascular pathologies, skin diseases, hypovitaminosis, iodine deficiency. Given the increasing demand for plant-based diets enriched with protein components, algae and their by-products can be effectively used to develop new food products, providing a rich biomass as a substitute for plant-based meat alternatives.

Keywords: algae; biomass; food products; components; naturalness.

Вступ

Біомасу водоростей або екстракти на їх основі можна використовувати як харчові інгредієнти,

задовольняючи потреби споживачів у поживній, стійкій та натуральній їжі. Харчові водорості є чудовим джерелом широкого спектру незамінних для людини мікроелементів. Ці морські організми мають

високий потенціал як джерела сполук, які можна застосовувати у харчовій, косметичній промисловості та в якості нутрицевтиків у фармацевтичній промисловості. На Далекому Сході понад два мільйони тон свіжих водоростей щорічно переробляються для отримання продуктів харчування, тоді як майже 1,5 мільйона тон щорічно використовують в промисловому виробництві для отримання альгінатів, фікоколоїдів і карагенану. У Японії 25 % усієї їжі містить інгредієнти на основі морських водоростей або водорості, які додають до продуктів у різноманітних формах (свіжі, сушені, порошкоподібні). Кількість видів досліджених водоростей перевищує 40 тисяч, проте класифікація їх не завершена, оскільки не всі форми достатньо вивчені. З точки зору харчування, водорості є недооціненою сировиною, проте за останні роки багато світових компаній розробили широкий асортимент різноманітної продукції, що представлена на ринку як сировина з нахилом до натуральності та збалансованості [1].

Мета роботи

Аналіз досліджень щодо використання макро-мікробудов водоростей у харчовій промисловості, огляд похідних компонентів морських водоростей і шляхів їх застосування у різних продуктах. Актуальність впровадження водоростей у рецептури харчових продуктів для збагачення виробу незамінними мікронутрієнтами та розширення асортименту ринку рослинної, органічної продукції.

Виклад основного матеріалу

Водорості – одні з найдавніших рослин, що є єдиною групою організмів, серед яких зустрічаються прокаріоти (синьо-зелені) і еукаріоти (решта відділів). Кількість досліджених водоростей перевищує 40 тисяч видів, однак вивчення та класифікація цих організмів не завершена і продовжується протягом багатьох років. Сьогоднішнє ранжування дозволяє відокремити 10 відділів, серед яких: червоні, бурі, зелені, синьо-зелені, пірофітові, золотисті, діатомові, жовто-зелені, евгленові, харові водорості. Будова, склад і властивості клітинних компонентів водоростей характеризуються широкою різноманітністю в залежності від виду [1].

Морські водорості надзвичайно різноманітні за видами, середовищем існування, зрілістю, умовами навколишнього середовища та періодом збирання, проте всі вони є чудовим джерелом високоякісних поживних речовин. Класифікують їстівні водорості наразі двома методами. Перший метод класифікації полягає в поділі водоростей на макроводорості та мікробудов водорості відповідно до їх розміру. Інша класифікація полягає в розрізненні пігменту, що міститься в клітинах водоростей, а також резервних метаболітів і складу клітинної стінки. Усі відомі

людині їстівні водорості можна розділити на ці три різні типи за кольором: зелені (Chlorophyta), бурі (Ochrophyta, Phaeophyceae) і червоні водорості (Rhodophyta). Ця класифікація базується на різних факторах, таких як хімічна природа продуктів фотосинтезу, пігментація, морфологічний вигляд, а також організація та компоненти фотосинтетичних мембран [2].

Морські водорості є одними з найбільш широко використовуваних функціональних продуктів з довгою історією в країнах Азії. Зараз їх також досліджують багато країн Європи та Заходу. Відсутність технологій переробки морських водоростей для споживання людиною в промислових масштабах є серйозним обмеженням для розвитку сектора харчових продуктів на основі морських водоростей, тому розробки та дослідження є на сьогодні актуальними. Більшість морських водоростей є багатим джерелом гліцину, аргініну, глутамінової кислоти та аланіну, які є необхідними для підтримки здоров'я. Полісахариди морських водоростей, які не розщеплюються людськими ферментами, є потенційним джерелом нових типів харчових волокон. У промисловому сегменті масово використовуються гідролоїди з морських водоростей (агари, альгінати та карагенани) [3].

Агар-агар – речовина, яку виробляють з багрянкового крохмалю, продукту фотосинтезу червоних водоростей. Дев'яносто відсотків виробленого агару використовується в харчовій промисловості за його гелеутворюючі властивості. Його застосовують в кондитерській промисловості, при виробництві багатьох традиційних азійських страв, м'ясних консервів, желе, зефіру та нуги [3].

Альгінати є унікальним типом полісахаридів, які присутні виключно в морських водоростях (переважно в бурих) і повністю відсутні в наземних рослинах. На альгінати припадає до 47 % сухої ваги загальної біомаси бурих водоростей. Подібно до агару, у харчовій промисловості альгінати зазвичай використовують для гелеутворення, стабілізації та плівкоутворення. На відміну від інших гідролоїдів, альгінати відрізняються своєю холодорозчинністю, що дозволяє виготовляти незалежні від температури неплавкі, холоднотвердіючі та стійкі до заморожування і відтавання гелі. Альгінат застосовують для виробництва кондитерських виробів, заварних кремів, начинки для випічки, структурованих фруктів, овочів та м'ясних продуктів. Крім того, альгінат натрію можна використовувати як загусник і структуруючий агент у маргаринах з низьким вмістом жиру, а також для контролю плавлення морозива та деформації начинок продуктів [3].

Основним джерелом отримання карагенану є представники червоних водоростей. Він навіть у низьких кількостях здатен з'єднувати білки молока, тому широко використовується в молочних продуктах для надання густини, гелеутворення, стабілізації та

міцності властивості зв'язування білків. Завдяки властивості водоутримання, його використовують у рецептурах гамбургерів, шинки, виробів з риби та морепродуктів, желейних цукерках та мармеладах, фруктових желех, соках [3].

Морські водорості представляють харчовий інтерес, оскільки вони є багатим джерелом природних біоактивних сполук, включаючи антиоксиданти, флавоноїди, фенольні сполуки та алкалоїди, які можна використовувати як альтернативне джерело харчового матеріалу. Вони проявляють антибактеріальну та протизапальну дію, а також згущувальні, стабілізуючі та загальні колоїдні властивості. Морські водорості є потенційними джерелами унікальних природних пігментів: хлорофіли, фікобіліпротеїни та каротиноїди (рис. 1). Хлорофіли мають антимуутагенний ефект і можуть відігравати значну роль у профілактиці раку. Фікобіліпротеїни – це водорозчинні пігменти, що виробляються червоними морськими водоростями у високих концентраціях та виявляють антиоксидантні, протівірусні, протизапальні та нейропротекторні властивості. Каротиноїди морських водоростей включають ксантофіли (ксантин, віолаксантин, лютеїн, фукоксантин, неоксантин, антраксантин і астаксантин) і каротини. Керований біосинтез водоростевих пігментів, є одним із найактуальніших завдань біотехнології. Важливо, що отримані з рослинних компонентів пігменти не токсичні та мають переваги перед штучно синтезованими [4].

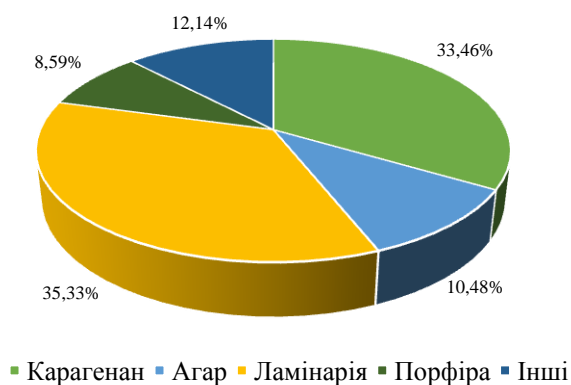


Рис. 1 – Світовий відсоток виробництва водоростей та їх похідних продуктів (FAO 2021)

Вітаміни є основними органічними мікроелементами, які організм не може синтезувати безпосередньо в достатній кількості, тому повинен отримувати з раціону. Добре відомі захворювання, пов'язані з дефіцитом вітамінів, включають авітаміноз, пелагру (нестача ніацину, B_3), перніціозну анемію (нестача ціанокобаламіну, B_{12}) і цингу (нестача аскорбінової кислоти, C). Морські водорості містять мають широкий вміст вітамінів, таких як A, D,

E, C і B, тому здатні комплексно забезпечити організм [5].

Дотримуючись рослинної дієти, є деякі ключові поживні речовини, на які споживачі повинні зосередитись, щоб не нашкодити організму. Наприклад рослинна їжа має бути багата білком, вітамінами та мінералами, а також незамінними жирними кислотами (омега-3, омега-6). Продукти з водоростей є одними з небагатьох вегетаріанських альтернатив ціанокобаламіну (вітаміну B_{12}) у раціоні. Оскільки він не синтезується вищими рослинами, фрукти та овочі є недостатніми джерелами його надходження, що пояснює, чому дефіцит вітаміну B_{12} є поширеним серед людей які дотримуються вегетаріанської або веганської дієти. Більше половини досліджених видів мікроводоростей мають метаболічну потребу у B_{12} і містять високий вміст цього вітаміну у своєму складі. Дослідження, що були проведені на щурах хворих на анемію, довели якісну засвоюваність вітаміну B_{12} із зеленої мікроводорості *Chlorella*. Водорості є багатим джерелом вітаміну A, який відновлює шкіру та слизові оболонки, стимулює синтез колагену, знижує ризик виникнення інфекційних захворювань, покращує зір. Бурі та зелені морські водорості містять в середньому від 500 до 3000 мг/кг сухої ваги, тоді як червоні водорості близько 100–800 мг/кг [3,5].

Більшість мінералів, необхідних для здоров'я людини, таких як калій, натрій, фосфор, кальцій, йод, магній, залізо та цинк, присутні в достатніх кількостях у морських водоростях, тому вони мають потенціал для широкого використання. Загалом, морські водорості можна вважати найкращою їжею для задоволення мінеральних потреб організму. Відсоток засвоєння нутрієнтів організмом людини варіюється від факторів росту та існування водоростей, проте рівень засвоювання заліза з більшості видів водоростей є високим, завдяки пігменту фікоціаніну, який утворює розчинні комплекси із залізом та іншими мінералами при травленні [1].

Основним мікроелементом, дефіцит якого здатні подолати харчові продукти з водоростей, є йод. Всесвітня організація охорони здоров'я радить споживати від 120 до 150 мкг йоду щоденно, проте з огляду на дослідження сучасних раціонів більшість людей споживають 40-80 мкг елемента, що в 2-3 рази менше зазначеної добової норми. Таким чином практично вся територія України перебуває у зоні йодної недостатності (рис. 2).

Для профілактики йододефіциту та збагачення ним харчових продуктів морські водорості є доречними, оскільки містять до 3000 мкг йоду на 100 г сировини в залежності від виду. Проте слід враховувати, що вміст йоду у водоростях може коливатися в залежності від виду, пори року, глибини, забрудненості та температури водойм, освітленості та інших факторів [6].



Рис. 2 – Карта йододефіциту населення України

Більшість ліпідів морських водоростей складаються з поліненасичених жирних кислот (ПНЖК). Крім того, їх концентрація висока в тих морських водоростях, які ростуть у холодних регіонах порівняно з помірними кліматичними зонами. Жири морських водоростей застосовуються як харчові добавки, замітники риб'ячого жиру та мають імуномодельючий потенціал. Зелені водорості багаті на лінолеву ($\omega 6$) та ліноленову ($\omega 3$) жирні кислоти. Оскільки сучасні раціони не забезпечені оптимальним співвідношенням ПНЖК (1:4 відповідно), водорості є перспективними продуцентами налагодження балансу постачання ліпідів до організму [3].

Беручи до уваги стрімке зростання сектору здорової та рослинної їжі, не дивно, що використання водоростей набирає обертів. Деякі мікрowodорості, які раніше широко використовувалися у кормах для тварин, мають високий вміст білка, що робить їх привабливими інгредієнтами для різноманітних харчових продуктів. Існуючі дані свідчать про те, що морські водорості мають особливий амінокислотний склад, на відміну від більшості наземних овочів та фруктів. Вміст білка в різних групах водоростей значно відрізняється, проте найбільшійшими представниками є зелені водорості. Мікрowodорості хлорела та спіруліна містять в своєму складі 50-70 % білка з унікальним амінокислотним профілем, високою засвоюваністю та повним спектром незамінних амінокислот. Червоні та бурі водорості мають найбільшу частку глутамінової, аспарагінової амінокислот і таурину. Крім того, водорості і похідні сполуки є актуальними в якості білкової сировини для розробки нового сектору поліфункціональної білково-рослинної їжі, що наразі особливо перспективно в секторі ринку штучного м'яса та м'ясних альтернативних продуктів (рис. 3) [7].



Рис. 3 – Білкові рослинні продукти з водоростями українського виробництва

Обговорення результатів

Один із основних важливих аспектів використання водоростей у харчовій промисловості пов'язаний зі контролем смакових якостей та сенсорних властивостей отриманого продукту. Дослідження показали, що додавання високої концентрації водоростевої біомаси може призвести до негативного впливу на колір і смак кінцевого продукту знижуючи сприйняття споживачами. З цієї причини концентрація 3-5 % водоростевої біомаси зазвичай використовується та включається у харчові продукти. Органолептична відмінність в більшій мірі проявляється у зміні забарвлення. Особливо хлорофіл зелених водоростей якісно впливає на надання продукту зеленого кольору. Що стосується смакових властивостей, споживачі сприймають смак водоростей по-різному. Майбутні дослідження впливу умов культивування, які безпосередньо впливають на синтез летких сполук, амінокислот і вільних нуклеотидів, що виробляються різними штамми водоростей, необхідні для отримання готово продукту на основі водоростей із хорошою сенсорною привабливістю для споживання [3].

Морські водорості є невід'ємною складовою азійської кулінарії, проте зараз вони поширили своє використання серед країн Європи та США. Найпопулярнішими їстівними водоростями на сьогодні є вакаме, комбу, норі, ірландський мох, ламінарія, хіяши, спіруліна, хлорела. Деякі з них є повноцінним компонентом раціону, а деякі вживають в якості харчових добавок. Асортимент продуктів з водоростями наразі щоденно зростає, оскільки має попит серед споживачів. Сьогодні на ринку представлені хлібобулочні вироби, напої (соки, лимонади, вино), йогурти, сири, паштети, рослинні м'ясні альтернативні продукти (стейки, ковбаси, сосиски), макаронні вироби, сухі супи та суміші для млинців і кексів, десерти, морозиво, печиво, чіпси, кукурудзяні пластівці, консерви, приправи тощо.

З використанням порошкоподібної біомаси зелених мікрowodоростей хлорели та спіруліни було

розроблено рецептури різноманітних м'ясних виробів та соусів. Наприклад, напівфабрикати м'ясні січені з вмістом хлорели та спіруліни (1,5 % та 3 %) [8], напівфабрикати у тістовій оболонці (равіолі) з 3,0 % та 4,0 % вмістом водоростей [9]. З використання хлорели розроблено рецептури м'ясних хлібів (3 %), паштетів (0,5 %, 1,0 %, 2,0 %, 3,0 %) та емульсійних соусів (3 %) [10]. Проведені дослідження отриманих зразків свідчили про якість органолептичних показників. Було зазначено, що навіть незначний вміст біомаси водоростей покращував баланс есенціальних речовин у продукті. Усі рецептури перевищували контрольні зразки за вітамінним, мінеральним та амінокислотним складом.

Водорості спіруліну та цисторізу сьогодні використовують для покращення харчових характеристик вершкового масла. Водорості додають у кількості 3 г/100 г продукту. Проведені дослідження властивостей збагаченого вершкового масла встановили, що додавання морських водоростей покращило смакові властивості продукту. Було зазначено, що морські водорості добре поєднуються з молочною основою і надають маслу вишуканого та приємного смаку і аромату [11].

В даний час населення прагне вживати більш здорову їжу, тому розробка нових рецептур для розширення асортименту хлібобулочних виробів, підвищення їхньої харчової цінності є дуже актуальною. Кількість рецептів приготування хлібобулочних виробів постійно збільшується завдяки використанню різних добавок, зокрема рослинних [12]. Водорості, їх екстракти та пасти знаходять своє застосування під час виробництва борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів, в якості збагачувальних добавок. У хлібопекарській промисловості використовують порошок ламінарії при приготуванні виробів з лікувально-профілактичною метою. Його додають у кількості 0,1-0,2% до маси борошна, що робить водорості непомітними у готовому виробі.

Висновки

На основі проведеного аналізу, встановлено, що їстівні водорості є перспективною багатофункціональною сировиною для збагачення широкого спектру харчових продуктів. Кожен з розглянутих видів водоростей (зелені, червоні, бурі) має індивідуальний склад та унікальні властивості. Наразі пошук шляхів використання водоростей та створення нових технологій продуктів на їх основі проводиться фахівцями багатьох країн світу. Водорості дають надію розширення ринку здорової білкової продукції, оскільки є продуцентами великої кількості незамінних для людини компонентів (білки, жири, вуглеводи, вітаміни, макро- мікроелементи). Крім того, похідні компоненти отримані з водоростей, такі як полісахариди (караген, альгінат і агар-агар) на сьогодні є невід'ємними для харчової промисловості.

Інгредієнти морських водоростей мають багато біологічних властивостей, таких як протиракові, протипухлинні та антивірусні. Водорості можна використовувати як компонент будь-яких страв та напоїв. Доведено, що їх вміст до 5 % у рецептурі більшості продуктів не погіршує сенсорних властивостей виробу, проте якісно удосконалює хімічний склад. Після проведеного аналізу літератури планується подальше вивчення структур сполук, що містяться у водоростях, оскільки це може розширити можливості їхнього застосування в майбутньому. Таким чином, впровадження біомаси водоростей у щоденні раціони населення є важливим завданням сьогодення, з огляду на стійкість та натуральність цих унікальних організмів.

Список літератури

1. Babich O., Sukhikh S., Larina V., Kalashnikova O., et al. Algae: Study of Edible and Biologically Active Fractions, Their Properties and Applications. *Plants*. 2022. № 11. P. 780. doi: 10.3390/plants11060780.
2. Demarco M., Oliveira De Moraes J., Matos A. P., Derner R. B., De Farias Neves F., Tribuzi G. Digestibility, bioaccessibility and bioactivity of compounds from algae. *Trends Food Sci. Technol.* 2022. № 121. P. 114-128. doi: 10.1016/j.tifs.2022.02.004.
3. Choudhary B., Chauhan O. P., Mishra A. Edible Seaweeds: A Potential Novel Source of Bioactive Metabolites and Nutraceuticals With Human Health Benefits. *Front. Mar. Sci.* 2021. № 8. P. 740054. doi: 10.3389/fmars.2021.740054.
4. Francezon N., Tremblay A., Mouget J.-L., Pasetto P., Beaulieu L. Algae as a source of natural flavors in innovative foods. *J. Agric. Food Chem.* 2021. № 69. P. 11753-11772. doi: 10.1021/acs.jafc.1c04409.
5. Matos A. P., Novelli E., Tribuzi G. Use of algae as food ingredient: sensory acceptance and commercial products. *Front. Food Sci. Technol.* 2022. № 2. P. 989801. doi: 10.3389/frfst.2022.989801.
6. Smyth P. A. Iodine, Seaweed, and the Thyroid. *European Thyroid Journal*. 2021. Vol. 10 № 2. P. 101-108. doi: 10.1159/000512971.
7. Matos A. P. "Microalgae as a potential source of proteins" in *Proteins: Sustainable source, processing and applications* Amsterdam, Netherlands. Elsevier. 2019. P. 63-96. doi: 10.3390/foods9060779.
8. Пешук Л. В., Приходько Д. Ю. Розробка новітніх продуктів здорового харчування з використанням зелених водоростей. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2023. № 3. С. 28-32. doi: 10.37734/2518-7171-2022-3-5.
9. Пешук Л. В., Приходько Д. Ю. Сучасні технології використання зелених мікроводоростей у напівфабрикатах. *Scientific Collection «InterConf»*. 2022. С. 297-302.
10. Пешук Л. В., Сімонова І. Тренд сучасності – продукція оздоровчого призначення з мікроводоростями. *Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького*. 2022. № 24 (97). С. 33-38. doi: 10.32718/nvlvet-f9709.
11. Очкаляс О. М. Використання морських водоростей спіруліни та цистозіри для збагачення вершкового масла. *Зб. тез. доп. 78-ї наук. конф. викл. акад., Одес. нац. акад. харч. технологій*. 2018. С. 112-113.

12. Khemiri S., et al. Microalgae biomass as an additional ingredient of gluten-free bread: dough rheology, texture quality and nutritional properties. *Algal Res.* 2022. № 50. P. 101998. doi: 10.1016/j.algal.2020.101998.

References (transliterated)

1. Babich O., Sukhikh S., Larina V., Kalashnikova O., et al. Algae: Study of Edible and Biologically Active Fractions, Their Properties and Applications. *Plants.* 2022. 11. P. 780. doi: 10.3390/plants11060780.
2. Demarco M., Oliveira De Moraes J., Matos Â. P., Derner R. B., De Farias Neves F., Tribuzi G. Digestibility, bioaccessibility and bioactivity of compounds from algae. *Trends Food Sci. Technol.* 2022. 121. P. 114-128. doi: 10.1016/j.tifs.2022.02.004.
3. Choudhary B., Chauhan O. P., Mishra A. Edible Seaweeds: A Potential Novel Source of Bioactive Metabolites and Nutraceuticals With Human Health Benefits. *Front. Mar. Sci.* 2021. 8. P. 740054. doi: 10.3389/fmars.2021.740054.
4. Francezon N., Tremblay A., Mouget J.-L., Pasetto P., Beaulieu L. Algae as a source of natural flavors in innovative foods. *J. Agric. Food Chem.* 2021. 69. P. 11753-11772. doi: 10.1021/acs.jafc.1c04409.
5. Matos Â. P., Novelli E., Tribuzi G. Use of algae as food ingredient: sensory acceptance and commercial products. *Front. Food. Sci. Technol.* 2022. 2. P. 989801. doi: 10.3389/frfst.2022.989801.

6. Smyth P. A. Iodine, Seaweed, and the Thyroid. *European Thyroid Journal.* 2021. Vol. 10. 2. P. 101-108. doi: 10.1159/000512971.
7. Matos Â. P. "Microalgae as a potential source of proteins" in *Proteins: Sustainable source, processing and applications* Amsterdam, Netherlands. Elsevier. 2019. P. 63-96. doi: 10.3390/foods9060779.
8. Peshuk L. V., Prykhodko D. Y. Development of the latest healthy food products using green algae. *Scientific Bulletin of the Poltava Univer. of Econ. and Trade. «Technical sciences».* 2023. 3. P. 28-32. doi: 10.37734/2518-7171-2022-3-5.
9. Peshuk L. V., Prykhodko D. Y. Modern technologies for the use of green microalgae in semi-finished products. *Scientific Collection «InterConf».* 2022. P. 297-302.
10. Peshuk L. V., Simonova I. A modern trend is health products with microalgae. *Scientific Bulletin of LNUVMB named after S. Z. Gzytskyi.* 2022. 24 (97). P. 33-38. doi: 10.32718/nvlvet-f9709.
11. Ocholyas O. M. Use of spirulina and cystosira seaweeds for butter enrichment. *Coll. theses add. 78th Science. conf. off Acad., Odessa national Acad. food. technologies.* 2018. P. 112-113.
12. Khemiri S., et al. Microalgae biomass as an additional ingredient of gluten-free bread: dough rheology, texture quality and nutritional properties. *Algal Res.* 2022. 50. P. 101998. doi: 10.1016/j.algal.2020.101998.

Відомості про авторів (About authors)

Пешук Людмила Василівна – доктор сільськогосподарських наук, професор, Дніпровський національний університет імені О. Гончара, професор кафедри харчових технологій, м. Дніпро, Україна; ORCID: 0000-0002-0967-8892; email: scorpion17lv@ukr.net.

Liudmyla Peshuk – Doctor of Agricultural Sciences, Dnipro National University named after O. Honchar, Professor Department of Food Technologies, Dnipro, Ukraine; ORCID: 0000-0002-0967-8892; e-mail: scorpion17lv@ukr.net.

Сімонова Ірина Іллівна – кандидат технічних наук, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, доцент кафедри технології м'яса, м'ясних та олійно-жирових виробів; м. Львів, Україна; ORCID: 0000-0001- 8775-219X; e-mail: ira.markovuch@gmail.com.

Iryna Simonova - PhD in Technical sciences, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Docent Department of Meat, Oil and Fat Products Technology, Lviv, Ukraine; ORCID: 0000-0001- 8775-219X; e-mail: ira.markovuch@gmail.com.

Приходько Дар'я Юрївна – студент 3-го курсу кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені О. Гончара, м. Дніпро, Україна; ORCID: 0009-0004-7193-8335; e-mail: dashaprihodko097@gmail.com.

Prykhodko Daria – student of the Department of Food Technologies, Dnipro National University named after O. Honchar, Dnipro, Ukraine; ORCID: 0009-0004-7193-8335; e-mail: dashaprihodko097@gmail.com.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Пешук Л. В., Сімонова І. І., Приходько Д. Ю. Огляд стратегій розвитку та особливостей виробництва інноваційних продуктів з водоростей. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ».* Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2023. № 2 (16). С. 86-91. doi:10.20998/2413-4295.2023.02.12.

Please cite this article as:

Peshuk L., Simonova I., Prykhodko D. Overview of development strategies and features of production of innovative algae products. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2023, no. 2(16), pp. 86–91, doi:10.20998/2413-4295.2023.02.12.

*Надійшла (received) 12.04.2023
Прийнята (accepted) 08.05.2023*