

УДК 664:582.261.2

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.7>

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ ТА ПРОДУКЦІЇ З НИХ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Кулакова Людмила Володимирівна,*здобувачка ступеня доктора філософії,*<https://orcid.org/0009-0004-8499-3886>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,**03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.***Слива Юлія Володимирівна,***Кандидат технічних наук, доцент,*<https://orcid.org/0000-0003-2592-6822>,*Національний університет біоресурсів і природокористування України,**03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.*

Анотація. Пошук нових інгредієнтів для функціональних харчових продуктів є стратегією подолання очікуваної нестачі продовольства на наступні десятиліття. На сьогодні морські водорості є привабливими як для споживачів, які переходять на функціональні харчові продукти з низьким вмістом жиру та цукру, а також продукти, які вважаються натуральними або з інгредієнтами, отриманими з природних джерел, на відміну від синтетичних інгредієнтів, так і харчової промисловості. Це пов'язано з тим, що вони містять у своєму складі високий вміст поживних речовин, таких як високоцінні білки, довголанцюгові поліненасичені жирні кислоти, каротиноїди, фенольні речовини, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини та харчові волокна, а також низьку енергетичну цінність. Виробництво харчових продуктів, що збагачені морськими водоростями все більше привертають увагу, оскільки споживачі стають більш обізнаними щодо впливу харчування на загальний стан здоров'я. В цій статті проведений огляд актуальних досліджень з використання морських водоростей при виробництві харчових продуктів. Під час дослідження цієї тематики використані методи аналізу, синтезу та порівняння наукових праць закордонних вчених, розміщених в наукометричних базах даних, Web of Science та Scopus, а також інтернет-ресурсів. Під час опрацювання літератури, було розглянуто здатність морських водоростей покращувати водо- і жиророзв'язуючі властивості, структуру, утворювати гелі, можливість використання як заміника солі, підвищувати антиоксидантну здатність та діяти як емульгатор. В ході досліджень було визначено, що найчастіше використовують такі види водоростей: *Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*, *Porphyra umbilicalis*, *Laminaria japonica*, *Carpathococcus alvarezii*, *Spirulina*, *Chlorella*. Основним завданням їхнього включення є можливість зниження вмісту жиру та солі в готовому продукті, збагачення макроелементами, мікроелементами, вітамінами, харчовими волокнами, підвищення вмісту білка. Отримані дані можуть містити практичну цінність для удосконалення технологій харчових продуктів шляхом використання морських водоростей.

Ключові слова: харчові продукти збагачені водоростями, екстракти з морських водоростей, м'ясні продукти, рибні продукти, молочні продукти, зернові продукти.

UDC 664:582.261.2

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2024.7>**ANALYSIS OF APPLICATION POSSIBILITIES SEAWEED AND THEIR PRODUCTS DURING THE PRODUCTION OF FOOD PRODUCTS****Liudmyla Kulakova,***applicant for higher education with the degree of Doctor of Philosophy,*<https://orcid.org/0009-0004-8499-3886>,*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine.***Yuliia Slyva,***PhD in Technical Sciences, Associate Professor,*<https://orcid.org/0000-0003-2592-6822>,*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
03041, Heroiv Oborony Str., 15, Kyiv, Ukraine.*

Abstract. The search for new ingredients for functional food products is a strategy to overcome the expected food shortages in the coming decades. Today, seaweed is attractive both to consumers who are switching to functional foods that are low in fat and sugar, as well as products that are considered natural or with ingredients derived from natural sources as opposed to synthetic ingredients, and the food industry. This is due to the fact that they contain a high content of nutrients, such as high-value proteins, long-chain polyunsaturated fatty acids, carotenoids, phenolic substances, carbohydrates, vitamins, minerals and dietary fibers, as well as a low energy value. The production of seaweed-enriched foods is attracting increasing attention as consumers become more aware of the impact of nutrition on overall health. In this article conducted review current research on the use of seaweed in the production of food products. During the study of this topic, methods of analysis, synthesis and comparison of scientific works of foreign scientists, placed in scientometric databases, Web of Science and Scopus, as well as Internet resources, were used. During the processing of the literature, it was considered the ability of seaweed to improve water- and fat-binding properties structure, form gels, the possibility of use as a salt substitute, increase antioxidant capacity and act as an emulsifier. In the course of research, it was determined that the following types of algae are most often used: *Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*, *Porphyra umbilicalis*, *Laminaria japonica*, *Kappaphycus alvarezii*, *Spirulina*, *Chlorella*. The main task of their inclusion is the possibility of reduction content fat and salt in the finished product, enrichment macronutrients, micronutrients, vitamins, dietary fibers, increasing protein content. The obtained data may contain practical value for improving the technology of food products through the use of seaweed.

Keywords: food products enriched with algae, extracts from seaweed, meat products, fish products, dairy products, grain products.

ВСТУП. Зростання споживчого попиту на більш здорові продукти, стимулює харчову промисловість до розробки нових харчових продуктів зі зниженим вмістом жиру, холестерину, солі, покращеним жирнокислотним складом та включенням функціональних інгредієнтів (Lopez-Lopez et al., 2010). Розробка функціональних харчових продуктів з покращеними фізико-хімічними та оздоровчими властивостями може бути досягнута шляхом додавання морських водоростей або їх екстрактів, що містять біоактивні компоненти (Khan et al., 2011).

Морські водорості вважаються перспективними функціональними харчовими інгредієнтами, завдяки їхньому збалансованому складу, що містять багато поживних і корисних для здоров'я людини компонентів, природних антиоксидантів і протимікробних речовин. Проте їхня

функціональність у харчових продуктах не обмежується аспектами здоров'я, оскільки вони також можуть відігравати роль структуроутворювачів (Gómez-Ordóñez et al., 2010). Таким чином, це одна з областей, яку необхідно дослідити, щоб повністю використати потенціал морських водоростей.

У зв'язку з цим все більше розглядається варіантів як збагатити м'ясні продукти, хлібобулочні та макаронні вироби. Додавання морських водоростей як джерела мінеральних речовин може допомогти покращити загальний профіль м'ясних продуктів і водночас задовольнити вимоги споживачів (Jiménez-Colmenero, 2007).

Розробка функціональних харчових продуктів на основі м'яса передбачає використання морських водоростей в сухому вигляді, оскільки цей матеріал (зневоднений і порошкоподібний) має ряд переваг перед включенням ізольованих сполук у виробництво м'яса. При використанні цілих водоростей, забезпечується одночасна присутність різних компонентів (харчових волокон, білка, мінералів, вітамінів, каротиноїдів, поліфенолів тощо), які мають як корисний вплив на здоров'я, так і технологічні переваги, деякі з них широко використовуються в харчовій промисловості. Крім того, їх використання позбавляє від потреби у трудомістких та вартісних процесах вилучення і очищення, які необхідні, коли ці компоненти використовуються окремо (Cofrades et al., 2011).

Таким чином, є можливість для розробки продуктів харчування з низьким вмістом натрію та високим вмістом інших мінеральних речовин. Проте незважаючи на всі зусилля, що докладаються для використання цілих морських водоростей або їх екстрактів у харчових продуктах, все ще існують деякі перешкоди та виклики. Основними з яких є сенсорні зміни у харчових продуктах та низька обізнаність споживачів про користь морських водоростей (Cofrades et al., 2008, López-López et al., 2009).

Метою дослідження було проаналізувати актуальні наукові дослідження щодо використання морських водоростей при виробництві харчових продуктів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Під час пошуку та аналізу використовувались статті розміщені в наукометричних базах даних: Scopus та Web of Science, а також за допомогою платформи Google Scholar опублікованих англійською, українською та китайською мовами.

Під час проведення аналізу та огляду останніх наукових досягнень було опрацьовано понад 300 наукових джерел різного типу: наукові статті; монографії; навчальні посібники; дисертації; матеріали наукових конференцій; тематичні інтернет джерела; технології виробництва харчових продуктів українських та зарубіжних авторів.

Пошук здійснювався за наступними пошуковими словами та словосполученнями: харчові продукти; тенденція розвитку харчової промисловості; морські водорості; види морських водоростей; використання морських водоростей в харчовій промисловості; м'ясопереробна галузь; тенденція розвитку м'ясопереробної галузі; використання природних антиоксидантів; м'ясні продукти; екстракти з морських водоростей; використання свіжих морських водоростей при виробництві м'ясних продуктів; використання сухих морських водоростей при виробництві м'ясних продуктів; використання екстрактів з морських водоростей при виробництві харчових продуктів; використання *Chlorella* порошку при виробництві харчових продуктів; використання *Wakame* при виробництві харчових продуктів; використання *Laminaria* при виробництві харчових продуктів; використання *Monostroma nitidum* при виробництві харчових продуктів; використання *Ulva lactuca* при виробництві харчових продуктів; використання *Spirulina* при виробництві харчових продуктів; використання *Sea mustard* при виробництві харчових продуктів; використання *Sea spaghetti* при виробництві харчових продуктів; використання *Noti* при виробництві харчових продуктів; використання *Sea tangle* при виробництві харчових продуктів; використання *Eucheuma* при виробництві харчових продуктів; хімічний склад морських водоростей; харчова цінність морських водоростей; вітаміни; мікроелементи, що містяться в морських водоростях; макроелементи, що містяться в морських водоростях; біологічно активні речовини в харчових

продуктах; каротиноїди; особливості технології підготовки морських водоростей; технологія виготовлення варених ковбасних виробів, та їх англійським або китайським перекладом.

При подальшому дослідженні статей використовувалися методи: аналіз – аналізування актуальних напрацювань щодо використання морських водоростей у складі харчових продуктів; порівняння – порівняння впливів застосування морських водоростей з впливом стандартних харчових добавок, що використовуються при виробництві харчових продуктів; синтез – з'ясувати актуальність та ймовірність застосування морських водоростей, у вітчизняних дослідженнях.

Проаналізувавши останні дослідження українських та закордонних фахівців, слід виділити декілька основних напрямів досліджень із використання морських водоростей для часткової чи повної заміни деяких складових при виробництві м'ясних продуктів, як природньої добавки, що має антисептичні та антиоксидантні властивості, для підвищення харчової цінності готового продукту.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Історія застосування водоростей для виробництва харчових продуктів. Морське середовище є надзвичайно різноманітним, пропонуючи широкий спектр застосувань із численними потенційними сферами експлуатації. Водорості є одним із найбагатших і найперспективніших джерел відновлюваних природних ресурсів, які ще не використовуються у великих масштабах людиною, які можуть бути застосовані до багатьох аспектів виробництва їжі та напоїв. У харчовому контексті водорості в основному використовуються в традиційних цілях, як харчові інгредієнти, джерела біологічно активних речовин і фармацевтичних препаратів (Cofrades et al., 2013).

Водорості люди використовували в їжу з давніх часів. На Далекому Сході та в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні існує давня традиція споживання водоростей як частини добового раціону харчування, але в західних країнах лише за останні кілька десятиліть інтерес до продуктів з водоростей зріс настільки, що різні їстівні види водоростей тепер зазвичай продаються для споживання в Європі та Америці. Останніми роками їх популярність ще більше зросла, особливо серед вегетаріанців, завдяки їх використанню в кулінарії як гарніри та приправи, в меню закладів ресторанного господарства. Водорості пропонують цікаві можливості в якості нових джерел їжі або розробки нових харчових продуктів, для задоволення мінливих смаків споживачів, і ці можливості є важливими для харчової промисловості, враховуючи її потребу в постійних інноваціях (Yuan, 2008; Vocanegra et al., 2009).

Використання морських водоростей або їх екстрактів як харчових добавок стає все популярнішим завдяки широкому спектру функціональних властивостей, які вони надають харчовим продуктам. Морські водорості містять велику кількість полісахаридів, білків, мінералів і вітамінів, мають низький вміст жирів (Gómez-Ordóñez et al., 2010). Полісахариди морських водоростей є потенційним джерелом розчинних і нерозчинних харчових волокон. Розчинні полісахариди морських водоростей демонструють вищу здатність утримувати воду, ніж целюлозні (нерозчинні) волокна. Розчинні харчові волокна демонструють здатність збільшувати в'язкість, утворювати гелі та діяти як емульгатори, а також характеризуються здатністю знижувати як глікемічний індекс так і рівень холестерину в плазмі крові людини (Elleuch et al., 2011; Venugopal, 2008).

Залежно від різних факторів морські водорості у своєму складі містять значну кількість білків (до 24 %, виражені в грамах білка на 100 г водоростей) і низький вміст жирів (близько 1 % у всіх випадках) (Sánchez-Machado et al., 2004). Вони також є джерелом вітамінів, в основному групи В. Наприклад, вони містять вітамін В₁₂, який особливо рекомендується для лікування наслідків старіння, синдрому хронічної втоми та анемії. Вітамін В₁₂ міститься в червоних макроводоростях (*Porphyra tenera*) і в деяких зелених морських водоростях (Burtin, 2003; Nisizawa, 2006). Водорості, як правило, містять значну кількість мінеральних речовин (8-40 %) (Vocanegra et al., 2009), ніж їстівні наземні рослини та продукти тваринного походження. *U. pinnatifida* можна

використовувати як харчову добавку для забезпечення рекомендованого добового споживання деяких мінералів, макроелементів (Na, K, Ca, Mg, від 8,1 до 17,9 мг/100 г) і мікроелементів (Fe, Zn, Mn, Cu в межах від 5,1 до 15,2 мг/100 г) (Ruperez, 2002). Крім того, морські водорості є одним із найважливіших рослинних джерел кальцію. Вміст кальцію може досягати 7 % від сухої маси макроводоростей і до 25-34 % в крейдяних морських водоростях літотамніон (Burtin, 2003). Таким чином, споживання морських водоростей також може бути корисним тим, хто має ризик дефіциту кальцію, а саме вагітним жінкам, підліткам і людям похилого віку. Однак, хоча деякі мінерали необхідні для здоров'я, інші небезпечні (наприклад, важкі метали, такі як As, Cd, Cu, Hg і Pb), тому їх вміст у водоростях може обмежити їх використання (Ruperez, 2002).

Аналіз асортименту харчових продуктів. Морські водорості широко споживаються в багатьох країнах і все частіше споживаються різними верствами населення, яким їхній смак знайомий. Інтерес до розробки м'ясних продуктів із корисними для здоров'я властивостями є особливо актуальним у випадку таких продуктів, як котлети, оскільки вони є традиційними м'ясними продуктами, широко прийнятими в певних групах населення, і їх можна легко збагатити. Наприклад, котлети з яловичини були виготовлені із використанням водоростей wakame у кількості 3 %, меншої кількості солі (0,5 %) та жиру (10 %), частковою або повною заміною свинячого сала на емульсію оливкової олії у воді (Lopez-Lopez et al., 2010). Wakame загалом покращила водозв'язувальні властивості та зробила більш м'якими текстури як сирих, так і варених котлет, ефекти, які можуть бути пов'язані з основними компонентами морських водоростей, тобто харчовими волокнами (41 %) та мінералами (36 %) (Cofrades et al., 2008). При цьому додавання wakame не вплинуло негативно на сенсорні властивості котлет. Результати показали, що wakame можна використовувати як потенційний функціональний інгредієнт у складі котлет з низьким вмістом солі, щоб подолати технологічні та сенсорні проблеми, пов'язані з продуктами з низьким вмістом солі (Cofrades et al., 2017).

Нещодавні наукові дослідження також досліджували функціональність макроводоростей подрібнених/сушених (*Himanthalia elongata*, *Undaria pinnatifida*, *Porphyra umbilicalis*, *Laminaria japonica*) у оброблених м'ясних напівфабриках, таких як котлети з яловичини або свинини, реструктуровані стейки з птиці, та готових ковбасних виробів (сосиски) (Choi et al., 2012; Cofrades et al., 2011; López-López et al., 2009; López-López et al., 2010). Пігменти, присутні в морських водоростях, можуть впливати на колір м'ясного продукту залежно від типу водоростей/екстракту та їх масової частки в готовому продукті (Choi et al., 2012; Jiménez-Colmenero et al., 2010; López-López et al., 2009). Кислі компоненти морських водоростей, такі як фукоїдан і альгінова кислота, знижують рН м'ясних продуктів, що містять порошкоподібні морські водорості (Choi et al., 2012; Cofrades et al., 2008). Антиоксидантна здатність емульсійних систем свинячого м'яса зросла завдяки високому фенольному вмісту порошкоподібних морських водоростей (López-López et al., 2009). Ліпіди з водоростей використовували для покращення ліпідного профілю сосисок (López-López et al., 2009). Розчинні та нерозчинні харчові волокна з макроводоростей при варінні покращили текстуру та вихід готового продукту, за рахунок зв'язування жиру та води і стабільності емульсії, а також знизили собівартість готового продукту (Fernández-Martín et al., 2009; Jiménez-Colmenero et al., 2010). Морські водорості містять високу концентрацію мінеральних речовин та можуть потенційно використовуватись як заміники солі в оброблених м'ясних продуктах (Cofrades et al., 2011).

Молочні продукти, особливо сир (твердий та сичужний), були змінені, додавши різні види водоростей, щоб покращити їх поживну якість. Поєднання обох видів їжі допомагає отримувати здорові продукти, збагачені різними основними поживними речовинами. Молоко і молочні продукти є основними джерелами кальцію в харчуванні, однак кальцій у сирі заблокований у казеїні. Люди, у яких відсутні ферменти, що розщеплюють казеїн, не можуть реабсорбувати кальцій з молочних продуктів і тому можуть розвинути певний тип гіпокальціємії (Anderson et al., 2001). Таким чином, додавання водоростей, багатих кальцієм, може збільшити його вміст в молочних продуктах. Koval et al. (2005) розробили збагачений йодом пробіотичний йогуртовий

продукт, який містить 0,2 або 0,5 % водоростей *Laminaria*. Цей новий продукт містив у середньому 570 мкг йоду/100 г і мав значно вищий вміст Ca, K, Na, Mg і Fe та харкову цінність, ніж контрольний зразок без водоростей. Сири (власного та промислового виробництва) виготовляли з 3 %, 9 % та 15 % *U. pinnatifida* і *L. japonica* (Lalic et al., 2005). Ефект додавання одноклітинної водорості *Chlorella* (0,5-1 %) на фізичні та сенсорні властивості плавленого сиру досліджував Jeon (2006). Також, Neo et al. (2006) досліджували ефект додавання *Chlorella* порошку (0,1-2,0 %) на ріст молочнокислих бактерій, швидкість дозрівання та сенсорні властивості сиру Appenzeller. Кількість молочнокислих бактерій була вищою в сирі з додаванням водоростей, ніж у контрольному зразку. Оптимальний рівень додавання *Chlorella* порошку, що дозволило б отримати сир Appenzeller належної якості, становив 0,5 %.

Серед круп'яних продуктів макаронні вироби вважаються дуже універсальними як в харчовому, так і в гастрономічному плані. У цьому контексті їстівні водорості використовувалися як додаткові інгредієнти в макаронних виробах, щоб ще більше покращити їх поживні властивості та допомогти зробити їх популярними серед людей, які не їдять водорості. Паста з додаванням водоростей призвела до покращення профілю амінокислот і жирних кислот, вищого загального фенольного вмісту та антиоксидантної активності, а також вищого вмісту фукоксантину та фукостеролу (Prabhasankar et al., 2009). Локшина є основним продуктом харчування багатьох країн світу. У результаті було проведено різні дослідження щодо покращення якості локшини на основі включення водоростей. Важливим у цьому відношенні є дослідження, проведене Науково-дослідним інститутом харчових продуктів і харчування Департаменту науки і технологій (FNRI-DOST, Філіппіни), що розробляє різні види локшини з водоростями як засіб для покращення смаку і кольору, функціональності та підвищення харчової цінності через вищий вміст йоду (170 мкг йоду/100 г) (Cofrades et al., 2013). Chang and Wu (2008) оцінили потенційне використання порошкоподібних зелених водоростей (*Monostroma nitidum*) у різних концентраціях (4–8%) при приготуванні свіжої китайської локшини з яйцями та без них.

Хліб є ще одним чудовим продуктом на основі злаків, який може служити транспортним засобом для різних біологічно активних інгредієнтів, таких як водорості, враховуючи його поживну важливість і часте споживання широкою групою населення. Gregorio et al. (2001) повідомили, що додавання різних концентрацій (0,5-1,5 %) зелених водоростей *Ulva lactuca* до пшеничного борошна, яке використовується для приготування хліба, підвищило фарінографічну стабільність, але зменшило фарінографічну м'якість борошна та покращило як вихід, так і питомий об'єм хліба. Інші автори (Kwon et al., 2003) оцінили якісні характеристики хліба з вмістом порошку *Laminaria*, яку додають до борошна в різних концентраціях (2,5-7,5 %) для приготування хліба. Lianjun et al. (2005) вказали, що притаманний запах водоростей можна усунути шляхом замочування *Laminaria*, що використовується для приготування хліба в 2 % розчині лимонної кислоти при 50 °C протягом 2 годин перед висушуванням і подрібненням.

Також слід зауважити, що деякі традиційні продукти, такі як паста (Fradique et al., 2010), печиво (Gouveia et al., 2007; Gouveia et al., 2008), пудинги/желеподібні десерти (Batista et al., 2008) і майонези/заправки для салатів (Raymundo et al., 2005; Gouveia et al., 2006) були розроблені з включенням водоростей у їх склад.

Перелік водоростей, які на даний момент використовуються для виробництва харчових продуктів, представлені в таблиці.

Таблиця. Водорості в харчових продуктах (Cofrades et al., 2013)

Вид водорості	Застосування в харчових продуктах
Wakame	М'ясні напівфабрикати, реструктуроване м'ясо, сир, макаронні вироби
Sea mustard	М'ясні напівфабрикати
Sea spaghetti	Варені м'ясні вироби, сосиски збагачені омега-3 поліненасиченими жирними кислотами
Nori	М'ясні напівфабрикати, реструктуроване м'ясо
Sea tangle	М'ясні напівфабрикати, варені сосиски
Eucheuma	Рибні напівфабрикати
Laminaria	Сир копчений, заправки і соуси, йогурт, хлібобулочні вироби, снеки
Chlorella	Плавлений сир, сир твердий, снеки, хлібобулочні вироби, печиво, круасани, паста, йогурт, сосиски, паштети, майонез
Spirulina	Хлібобулочні вироби, снеки, печиво, круасани, пончики, локшина, макарони, сир фета, йогурт, паштети

Додавання морських водоростей представлених в даній таблиці до харчових продуктів і напоїв, які користуються високим споживчим попитом, дає хорошу можливість популяризувати користь морських водоростей для здоров'я серед споживачів, навіть тих, хто не звик до цієї їжі.

Види водоростей які використовуються в харчовій промисловості. Sea spaghetti (*Himanthalia elongata*) – це їстівна бура водорість, яка характеризується високим загальним вмістом клітковини та золи, а також є гарним джерелом калію, магнію та кальцію (Cofrades et al., 2011; Cofrades et al., 2008). Використовувалися як функціональний інгредієнт у різних м'ясних продуктах, таких як гель/емульсія м'ясних систем (Cofrades et al., 2008; López-López et al., 2009), сосиски (López-López et al., 2009; Jiménez Colmenero et al., 2010), реструктуровані стейки (Cofrades et al., 2011). *H. elongata* (5 %) було використано для сосисок із низьким вмістом жиру/солі (López-López et al., 2009) для сприяння утворенню більш твердих і легших структур із кращими властивостями зв'язування води та жиру, можна використовувати в продуктах зі зниженим вмістом солі для запобігання дефектам якості через низький вміст солі. Реструктуровані стейки зі свіжої птиці з низьким вмістом жиру та солі були розроблені з додаванням *H. elongata* (Cofrades et al., 2011). У цьому продукті ефекти від *H. elongata* за водозв'язуючими властивостями і консистенцією змінювалися в залежності від їх стану. У сирому стані послаблювались водозв'язувальні властивості, покращуючи консистенцію зразка та обробку, тоді як у варених продуктах покращувались водозв'язувальні властивості та текстура (зі зниженим вмістом солі), яка була подібною до контрольного зразка з нормальним вмістом солі. Оскільки sea spaghetti є хорошим джерелом фенольних сполук, їх додавання забезпечувало м'ясну систему значною кількістю загальних фенолів (2570 мг еквівалентів галової кислоти на 100 г), що призводило до високої антиоксидантної активності (López-López et al., 2009). Крім того, можливий антиоксидантний ефект включення *H. elongata* (5,5 %) було зареєстровано в нежирних сосисках, збагачених омега-3 поліненасиченими жирними кислотами, у яких тваринний жир був частково замінений оливковою олією. Вміст мінеральних речовин (K, Ca, Mg і Mn) у м'ясних продуктах можна збільшити, додавши sea spaghetti (López-López et al., 2009).

Wakame/sea mustard (*Undaria pinnatifida*) - широко використовувана бура водорість, яка містить високі концентрації харчових волокон та мінералів (Ca, Zn, Fe та Cu), а також багата білком (Kunio et al., 2000; Cofrades et al., 2008). Фармакологічні властивості wakame - запобігання гіперглікемії, пригнічення хімічно індукованих пухлин молочної залози, протизапальна, антигіпертензивна та проти ожиріння - в основному забезпечуються білками, полісахаридами, фукоксантином, макро- та мікроелементами, а також жирними кислотами (Zhang et al., 2014). Wakame використовується в технології м'ясних продуктів, гель-емульсійних м'ясних систем з

низьким вмістом солі та жиру (López-López et al., 2010, López-López et al., 2011; Jeon et al., 2012). Wakame, доданий до гелевої/емульсійної матриці (2,5-5 %), сприяє утворенню більш твердих і приємних структур з кращими властивостями зв'язування води та жиру, допомагаючи подолати технологічні проблеми, пов'язані з продуктами з низьким вмістом солі. У свинячі котлети додавання 1-3 % wakame призвело до зменшення втрат при варінні та збільшення соковитості (Jeon et al., 2012). Додавання 5-6 % wakame до м'ясної системи підвищило вміст K, Ca, Mg і Mn, що вказує на те, що цей продукт може забезпечувати понад 15 % і 20-30 % рекомендованих добових норм споживання магнію та калію відповідно (López-López et al., 2009).

Nori (*Porphyra umbilicalis*) - це червона водорість з високим вмістом білка, багата аланіном, аспарагіною кислотою, глутаміною кислотою та таурином. Вважається, що остання амінокислота має гіпохолестеринемічні властивості (Yokogoshi et al., 1999) і містить високі концентрації лінолевої, ліноленової та ейкопентасенової кислот. Вона також багата вітаміном B₁₂ (Watanabe et al., 1999), Fe, Zn і Se. Її основним полісахаридом є порфіран, який має різні фізіологічні властивості: він пригнічує ріст пухлин у щурів (Ichihara et al., 1999) та має противірусні (Quanbin et al., 2004) властивості. Використовується як потенційний інгредієнт для м'ясних продуктів (система емульсійної моделі) для покращення функціональних властивостей та поживної цінності (Cofrades et al., 2008; López-López et al., 2009). Вплив додавання nori на кулінарні властивості змінювалися залежно від масової частки водорості. У той час як вміст 2,5 % знижував стабільність емульсії зразків м'яса, додавання 5 % покращувало їх властивості зв'язування води та жиру (Cofrades et al., 2008). Додавання nori до м'ясної системи підвищує вміст білка, а також вміст деяких амінокислот, таких як гліцин, аланін, валін, тирозин, фенілаланін і аргінін. Як і sea spaghetti, nori також є хорошим джерелом фенольних сполук (2170 мг /100 г), що призводить до високої антиоксидантної активності в м'ясних системах (López-López et al., 2009). Додавання nori призвело до значного збільшення вмісту заліза в м'ясній системі (López-López et al., 2009).

Sea tangle (*Laminaria japonica*) зазвичай використовується як морепродукт у Кореї та багатьох інших країнах Азії (Kim et al., 2008; Kim et al., 2010). Sea tangle є чудовим джерелом харчових волокон (понад 50 %, головним чином альгінової кислоти, фукоїдану та ламінарану), вітамінів, мінералів і білків, і використовується як інгредієнт у виробництві м'ясних продуктів, таких як котлети (Oh et al., 2011; Choi et al., 2012) і сосиски для сніданку (Kim et al., 2010). Sea tangle успішно використовується для поліпшення водо- і жирозв'язуючих властивостей м'ясних продуктів. Наявність порошкоподібного sea tangle (4 %) у сосисках для сніданку зменшує втрати при варінні та покращує стабільність емульсії, сприяючи твердшій текстурі. Найкращі результати за фізико-хімічними та сенсорними властивостями отримані для сніданкових сосисок, що містять 1 % порошку sea tangle (Kim et al., 2010). *Laminaria japonica* (1-5 %) використовувалась як заміник жиру в котлетах зі свинини, зі зниженим вмістом жиру. Включення *L. japonica* збільшує вміст харчових волокон, зменшує втрати при варінні та покращує текстуру, а також сенсорні властивості м'ясних котлет. Свинячі котлети зі зниженим вмістом жиру з 20 % до 10 % з додаванням 1 % або 3 % *L. japonica* мали покращені якісні характеристики, подібні до контрольних зразків із вмістом 20 % жиру (Choi et al., 2012).

Eucheuma (*Carrageenophyceae alvarezii*) червона водорість, яка є важливим джерелом різноманітних карагенанів, використовується як інгредієнт у різних концентраціях (5-15 %) для приготування рибних котлет. Сенсорні оцінки показали, що використання eucheuma впливало на текстуру рибних котлет, і можна було додавати до 10 % водоростей без негативного впливу на їх зовнішній вигляд та текстуру (Senthil et al., 2005).

Spirulina містить в собі високий вміст білка (51 %-71 %). Крім того, вона є хорошим джерелом як замінильних, так і незамінних амінокислот і має високий коефіцієнт ефективності білка, є хорошим джерелом вітаміну B₁ (Desai et al., 2004). Як один із найкращих суперпродуктів на землі, NASA вважає її чудовою компактною їжею для космічних подорожей, оскільки невелика кількість може забезпечити широкий спектр поживних речовин (Khan et al., 2005). Входить до

складу локшини, печива, поживних батончиків та до інших функціональних харчових продуктів (Pulz et al., 2004). Склад білка в *Spirulina* змінюється залежно від умов вирощування (Salati et al., 2017).

Chlorella є часто використовуваним промисловим видом через високий вміст білка (51 %-58 % сухої речовини) і сприятливий склад незамінних амінокислот. *Chlorella* також містить багато інших корисних поживних речовин, включаючи β -1,3-глюкан, вітаміни (комплекс В і аскорбінову кислоту), мінерали (калій, натрій, магній, залізо та кальцій), β -каротин, хлорофіл (Rodriguez-Garcia et al., 2008).

Spirulina, *Chlorella*, *Haematococcus pluvialis*, *Diatronema vlkianum*, *Isochrysis galbana* є одними з найцікавіших водоростей з потенційними біологічно-активними властивостями, маючи добре збалансований хімічний склад, а також являються джерелами поліненасичених жирних кислот, пігментів (каротиноїди, хлорофіли), стеаринів, вітамінів, гідроколідів тощо (Batista et al., 2013). Всі вони мають характерні функціональні, технологічні властивості, а останні дослідження виявили антимікробний потенціал (Pina-Pérez, et al., 2017). *Spirulina* та *Chlorella* мають особливе значення для використання в якості харчових інгредієнтів, оскільки вони дозволені Європейським органом з безпечності харчових продуктів (EFSA).

Особливості підготовки водоростей. Свіжі морські водорості, які збирають з узбережжя по всьому світу, як правило, миють і сушать, щоб зменшити показник активності води (a_w) і звести до мінімуму погіршення внаслідок хімічних реакцій і мікробної активності перед тим, як їх використовувати як джерело їжі. Будучи морськими за своєю природою, водорості містять велику кількість води: до 85 % у свіжому вигляді (Gupta et al., 2011). Через високий вміст ненасичених жирних кислот морські водорості, як правило, псуються протягом кількох днів після збору, якщо їх не зберігати належним чином.

Традиційний процес збереження морських водоростей полягає в їх висушуванні на сонці (Lim et al., 2007). Зазвичай це відбувається шляхом розкладання зібраних мокрих водоростей на сітку або брезент на землі. У промислових масштабах в основному використовують механічне сушіння, але в цей сектор було зроблено небагато інвестицій, також необхідне навчання або придбання високотехнологічного обладнання (Walsh et al., 2011).

Перевагами сушіння є зниження витрат на обробку та транспортування, а також можливість використання продукту поза сезоном. Окрім збереження та подовження терміну придатності, сушіння також вважається важливим кроком у наданні багатьом видам морських водоростей приємного смаку.

Хоча сушіння є найпоширенішим методом обробки морських водоростей, у літературі дуже мало інформації про вплив сушіння на їх хімічний склад. Wong et al., (2001) вивчали вплив сушіння в сушильній шафі та сублімаційного сушіння на здатність до екстрагування білка трьох субтропічних бурих морських водоростей і повідомили, що сушіння в сушильній шафі значно покращує здатність до екстракції та якість білка. Однак тривалий час сушіння при відносно високих температурах протягом періодів зниження швидкості часто призводить до небажаної термічної деградації овочевих продуктів, і подібні ефекти можна було б очікувати при сушінні морських водоростей (Mousa et al., 2002).

ВИСНОВКИ. Водорості, будучи харчовими продуктами містять широкий спектр сполук із корисними, поживними та технологічними властивостями, а також біологічно активних речовин із потенційними багатофункціональними властивостями, якщо їх включити до складу харчових продуктів та напоїв. В порівнянні з включенням сполук, виділених із водоростей, використання цілих (мінімально оброблених) водоростей у виробництві харчових продуктів і напоїв, є шляхом одночасного включення різних компонентів (харчових волокон, білків, мінералів, вітамінів, каротиноїдів, поліфенолів тощо) у спосіб, який не передбачає трудомістких та високовартісних процесів вилучення та очищення, які необхідні, коли ці компоненти використовуються окремо.

Багато видів водоростей використовується в технологіях різних видів харчових продуктів: м'ясних та рибних напівфабрикатах, молочних продуктах, хлібобулочних виробках, макаронних виробках та інших продуктах). При додаванні водоростей до цих продуктів, спостерігалися цікаві технологічні та харчові переваги, а також переваги для здоров'я. Також слід зауважити, спостерігалися деякі сенсорні недоліки, пов'язані з характеристиками продукту (колір, структура, присутність інших інгредієнтів тощо) і використовуваними водоростями (вид та їх масова частка в готовому продукті).

Незважаючи на зростаючу перспективу водоростей, як джерела харчових інгредієнтів (включаючи біологічно активні сполуки), їхній потенціал ще належить повністю дослідити.

Таким чином, подальші дослідження використання водоростей, як інгредієнтів в харчових продуктах, відкриють нові горизонти для харчової промисловості, пропонуючи харчові, функціональні та технологічні переваги, засновані на використанні природних ресурсів, які зараз мало використовуються в суспільстві.

References

Anderson, J. J., & Sjöberg, H. E. (2001). Dietary calcium and bone health in the elderly: uncertainties about recommendations. *Nutrition Research*, 21(1-2), 263–268.

Batista, A. P., Gouveia, L., Bandarra, N. M., Franco, J. M., & Raymundo, A. (2013). Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Research*, 2(2), 164–173.

Batista, A. P., Gouveia, L., Nunes, M. C., Franco, J. M., & Raymundo, A. (2008). Microalgae biomass as a novel functional ingredient in mixed gel systems. *Gums and Stabilizers for the Food Industry*, 14, 487–494.

Bocanegra, A., Bastida, S., Benedi, J., Rodenas, S., & Sanchez-Muniz, F. J. (2009). Characteristics and nutritional and cardiovascular-health properties of seaweeds. *Journal of medicinal food*, 12(2), 236–258.

Burtin, P. (2003). Nutritional value of seaweeds. *Electronic journal of Environmental, Agricultural and Food chemistry*, 2(4), 498–503.

Chang, H. C., & Wu, L. C. (2008). Texture and quality properties of Chinese fresh egg noodles formulated with green seaweed (*Monostroma nitidum*) powder. *Journal of food science*, 73(8), S398–S404.

Choi, Y. S., Choi, J. H., Han, D. J., Kim, H. Y., Kim, H. W., Lee, M. A., ... & Kim, C. J. (2012). Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. *Meat science*, 91(1), 1–7.

Cofrades, S., Benedi, J., Garcimartín, A., Sánchez-Muniz, F. J., & Jimenez-Colmenero, F. (2017). A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: From technological development to assessment of healthy properties. *Food research international*, 99, 1084–1094.

Cofrades, S., López-López, I., & Jiménez-Colmenero, F. (2011). Applications of Seaweed in Meat-Based Functional Foods. *Handbook of marine macroalgae: Biotechnology and applied phycology*, 491–499.

Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., & Jiménez-Colmenero, F. (2011). Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed. *Meat Science*, 87(4), 373–380.

Cofrades, S., López-López, I., Solas, M. T., Bravo, L., & Jiménez-Colmenero, F. (2008). Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat science*, 79(4), 767–776.

Cofrades, S., Serdaroğlu, M., & Jiménez-Colmenero, F. (2013). Design of healthier foods and beverages containing whole algae. In *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals* (pp. 609–633). Woodhead Publishing.

Desai, K., & Sivakami, S. (2004). Spirulina: The wonder food of the 21st Century. *Asia-Pacific Biotech News*, 8(23), 1298–1302.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food chemistry*, 124(2), 411–421.

Fernández-Martín, F., López-López, I., Cofrades, S., & Colmenero, F. J. (2009). Influence of adding Sea Spaghetti seaweed and replacing the animal fat with olive oil or a konjac gel on pork meat batter gelation. Potential protein/alginate association. *Meat science*, 83(2), 209–217.

Fradique, M., Batista, A. P., Nunes, M. C., Gouveia, L., Bandarra, N. M., & Raymundo, A. (2010). Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(10), 1656–1664.

Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A., & Rupérez, P. (2010). Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Research International*, 43(9), 2289–2294.

Gouveia, L., Batista, A. P., Miranda, A., Empis, J., & Raymundo, A. (2007). *Chlorella vulgaris* biomass used as colouring source in traditional butter cookies. *Innovative food science & emerging technologies*, 8(3), 433–436.

Gouveia, L., Raymundo, A., Batista, A. P., Sousa, I., & Empis, J. (2006). *Chlorella vulgaris* and *Haematococcus pluvialis* biomass as colouring and antioxidant in food emulsions. *European Food Research and Technology*, 222, 362–367.

Gouveia, L., Coutinho, C., Mendonça, E., Batista, A. P., Sousa, I., Bandarra, N. M., & Raymundo, A. (2008). Sweet biscuits with *Isochrysis galbana* microalga biomass as a functional ingredient. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 891–896.

Gregorio, R., Ledesma, L., Alvarez, M., Fuertes, S., Gómez, J., González, J. & Valdés, O. (2001). Effect of addition of *Ulva* sp. and other additives on rheological properties of flour and quality of bread. *Alimentaria*, 321, 83–88.

Gupta, S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Recent developments in the application of seaweeds or seaweed extracts as a means for enhancing the safety and quality attributes of foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 600–609.

Heo, J. Y., Shin, H. J., Oh, D. H., Cho, S. K., Yang, C. J., Kong, I. K., ... & Bae, I. H. (2006). Quality properties of Appenzeller cheese added with *Chlorella*. *Food Science of Animal Resources*, 26(4), 525–531.

Ichihara, T., Wanibuchi, H., Taniyama, T., Okai, Y., Yano, Y., Otani, S., ... & Fukushima, S. (1999). Inhibition of liver glutathione S-transferase placental form-positive foci development in the rat hepatocarcinogenesis by *Porphyra tenera* (Asakusa-nori). *Cancer letters*, 141(1-2), 211–218.

Jeon, J. K. (2006). Effect of *Chlorella* addition on the quality of processed cheese. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 35(3), 373–377.

Jeon, M. R., & Choi, S. H. (2012). Quality characteristics of pork patties added with seaweed powder. *Food Science of Animal Resources*, 32(1), 77–83.

Jiménez-Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18(11), 567–578.

Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., & Solas, M. T. (2010). Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Science*, 84(3), 356–363.

Jiménez-Colmenero, F., Sánchez-Muniz, F. J., & Olmedilla-Alonso, B. (2010). Design and development of meat-based functional foods with walnut: Technological, nutritional and health impact. *Food chemistry*, 123(4), 959–967.

Khan, M. I., Arshad, M. S., Anjum, F. M., Sameen, A., & Gill, W. T. (2011). Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Research International*, 44(10), 3125–3133.

- Kim, H. W., Choi, J. H., Choi, Y. S., Han, D. J., Kim, H. Y., Lee, M. A., ... & Kim, C. J. (2010). Effects of sea tangle (*Lamina japonica*) powder on quality characteristics of breakfast sausages. *Food Science of Animal Resources*, 30(1), 55–61.
- Kim, J. H., Kim, J. H., & Yoo, S. S. (2008). Impacts of the proportion of sea-tangle on quality characteristics of muffin. *Korean journal of food and cookery science*, 24(5), 565–572.
- Koval, P. V., Shulgin, Yu. P., Lazhentseva, L. Yu. & Zagorodnaya, G. I. (2005). Probiotic drinks containing iodine. *Molochnaya Promyshlennost*, 6, 38–39.
- Suetsuna, K., & Nakano, T. (2000). Identification of an antihypertensive peptide from peptic digest of wakame (*Undaria pinnatifida*). *The Journal of nutritional biochemistry*, 11(9), 450–454.
- Kwon, E. A., Chang, M. J., & Kim, S. H. (2003). Quality characteristics of bread containing *Laminaria* powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 32(3), 406–412.
- Lalic, L. M., & Berkovic, K. (2005). The influence of algae addition on physicochemical properties of cottage cheese. *Milchwissenschaft*, 60, 151–154.
- Lianjun, S., Chuanyun, L., & Yanxia, L. (2005). Processing of kelp powder and its application in bread. *Cereal & Feed Industry*, 8, 18–19.
- Lim, Y. Y., & Murtijaya, J. (2007). Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT-Food Science and Technology*, 40(9), 1664–1669.
- López-López, I., Cofrades, S., & Jiménez-Colmenero, F. (2009). Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Science*, 83(1), 148–154.
- López-López, I., Bastida, S., Ruiz-Capillas, C., Bravo, L., Larrea, M. T., Sánchez-Muniz, F., ... & Jiménez-Colmenero, F. (2009). Composition and antioxidant capacity of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds. *Meat Science*, 83(3), 492–498.
- López-López, I., Cofrades, S., Cañeque, V., Díaz, M. T., López, O., & Jiménez-Colmenero, F. (2011). Effect of cooking on the chemical composition of low-salt, low-fat Wakame/olive oil added beef patties with special reference to fatty acid content. *Meat Science*, 89(1), 27–34.
- López-López, I., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. (2009). Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. *Meat Science*, 83(2), 255–262.
- López-López, I., Cofrades, S., Yakan, A., Solas, M. T., & Jiménez-Colmenero, F. (2010). Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. *Food Research International*, 43(5), 1244–1254.
- Mousa, N., & Farid, M. (2002). Microwave vacuum drying of banana slices. *Drying technology*, 20(10), 2055–2066.
- Nisizawa, K. (2006). Seaweeds Kaiso: bountiful harvest from the seas. *World seaweed resources-An authoritative reference system*.
- Oh, H. K., & Lim, H. S. (2011). Quality characteristics of the hamburger patties with sea tangle (*Laminaria japonica*) powder and/or cooked rice. *Food Science of Animal Resources*, 31(4), 570–579.
- Pina-Pérez, M. C., Rivas, A., Martínez, A., & Rodrigo, D. (2017). Antimicrobial potential of macro and microalgae against pathogenic and spoilage microorganisms in food. *Food chemistry*, 235, 34–44.
- Prabhasankar, P., Ganesan, P., Bhaskar, N., Hirose, A., Stephen, N., Gowda, L. R., ... & Miyashita, K. J. F. C. (2009). Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*, 115(2), 501–508.
- Pulz, O., & Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied microbiology and biotechnology*, 65, 635–648.
- Zhang, Q., Li, N., Liu, X., Zhao, Z., Li, Z., & Xu, Z. (2004). The structure of a sulfated galactan from *Porphyra haitanensis* and its in vivo antioxidant activity. *Carbohydrate research*, 339(1), 105–111.
- Raymundo, A., Gouveia, L., Batista, A. P., Empis, J., & Sousa, I. (2005). Fat mimetic capacity of *Chlorella vulgaris* biomass in oil-in-water food emulsions stabilized by pea protein. *Food Research International*, 38(8-9), 961–965.

Rodriguez-Garcia, I., & Guil-Guerrero, J. L. (2008). Evaluation of the antioxidant activity of three microalgal species for use as dietary supplements and in the preservation of foods. *Food chemistry*, 108(3), 1023–1026.

Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F. J., Saljoughian, S., Amid, M., & Greiner, R. (2017). Application of seaweeds to develop new food products with enhanced shelf-life, quality and health-related beneficial properties. *Food Research International*, 99, 1066–1083.

Rupérez, P. (2002). Mineral content of edible marine seaweeds. *Food chemistry*, 79(1), 23–26.

Salati, S., D'Imporzano, G., Menin, B., Veronesi, D., Scaglia, B., Abbruscato, P., ... & Adani, F. (2017). Mixotrophic cultivation of *Chlorella* for local protein production using agro-food by-products. *Bioresource technology*, 230, 82–89.

Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J., & Paseiro-Losada, P. (2004). Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food chemistry*, 85(3), 439–444.

Senthil, M. A., Mamatha, B. S., & Mahadevaswamy, M. (2005). Effect of using seaweed (*eucheuma*) powder on the quality of fish cutlet. *International journal of food sciences and nutrition*, 56(5), 327–335.

Venugopal, V. (2008). Marine products for healthcare: Functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean. CRC group, Taylor & Francis, 261–338.

Walsh, M., & Watson, L. (2011). A Market Analysis Towards the Further Development of Seaweed Aquaculture in Ireland; Part 1. Irish Sea Fisheries Board.

Watanabe, F., Takenaka, S., Katsura, H., Masumder, S. Z. H., Abe, K., Tamura, Y., & Nakano, Y. (1999). Dried green and purple lavers (*Nori*) contain substantial amounts of biologically active vitamin B12 but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(6), 2341–2343.

Wong, K., & Chikeung Cheung, P. (2001). Influence of drying treatment on three *Sargassum* species 2. Protein extractability, in vitro protein digestibility and amino acid profile of protein concentrates. *Journal of applied phycology*, 13, 51–58.

Yokogoshi, H., Mochizuki, H., Nanami, K., Hida, Y., Miyachi, F., & Oda, H. (1999). Dietary taurine enhances cholesterol degradation and reduces serum and liver cholesterol concentrations in rats fed a high-cholesterol diet. *The Journal of nutrition*, 129(9), 1705–1712.

Yuan, Y. V. (2008). Marine Algal Constituents. *Marine Nutraceuticals and Functional Foods*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, 259–296.

Zhang, H., Pang, Z., & Han, C. (2014). *Undaria pinnatifida* (Wakame): a seaweed with pharmacological properties. *Sci. Int*, 2, 32–36.

Отримано в редакцію 10.02.2024 р., прийнято до публікації 12.04.2024 р.