

increases the phosphorus availability of Arctic soils. *Scientific reports*;9(1):1–11 (in English).

37. Savant NK, Snyder G, Datnoff L (1997). Silicon management and sustainable rice production. San Diego, Adven. Agron. Acad. Press;58:151–199 (in English).

Поступила в редакцию: 12.06.2023.

Адрес для корреспонденции: romanuk88@rambler.ru

УДК 613.2:378.4-057.875

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКОВ
ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В
МЯСНЫХ ПРОДУКТАХ. ОБЗОР**

М. М. Момчилова: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0328-6844>

Сельскохозяйственная академия, институт консервирования и
качества пищевых продуктов,
г. Пловдив, Республика Болгария

**POSSIBILITIES OF USING MICROALGAE AS SOURCES OF
HIGH-QUALITY NUTRIENTS IN MEAT PRODUCTS.
REVIEW**

М. М. Momchilova: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0328-6844>

Agricultural Academy, Institute of food preservation and quality,
Plovdiv, Bulgaria

Реферат.

Микроводоросли признаны естественными, устойчивыми и экономически выгодными источниками нетрадиционных кормовых ингредиентов, которые используются в кормах для животных для улучшения качества мяса. В то же время микроводоросли также могут быть использованы в качестве техно-функциональных ингредиентов в ряде переформулированных мясных продуктов, благодаря высокому содержанию белка, что полностью отвечает диетическим потребностям растущего населения. Помимо белков, микроводоросли также богаты другими биологически активными

веществами, которые могут принести потребителям дополнительную пользу для здоровья.

Цель исследования: дать краткий обзор возможности использования микроводорослей в качестве альтернативных источников высококачественных пищевых компонентов и включения их в качестве техно-функциональных ингредиентов в технологию мясных продуктов.

Материал и методы исследования. Проведен анализ литературных источников по теме исследования.

Результаты исследования. В данном обзоре рассмотрены возможности микроводорослей как источников белков, пигментов, витаминов, антиоксидантов и носителей биологически активных веществ.

Выводы. Пищевые продукты, приготовленные с помощью микроводорослей, в том числе мясо, недостаточно изучены из-за недостаточной информированности, что является предпосылкой для дальнейших исследований.

Ключевые слова: мясные продукты, белки, микроводоросли, биологически активные вещества, добавки.

Abstract.

Microalgae are recognized as natural, sustainable and economically viable sources of non-conventional feed ingredients that are used in animal feed to improve meat quality. At the same time, however, microalgae can also be used as techno-functional ingredients in a number of reformulated meat products, thanks to their high protein content, which fully meets the dietary requirements of a growing population. In addition to proteins, microalgae are also rich in other biologically active substances that could provide additional health benefits to consumers.

Objective: aims to provide a brief overview of the possibility of using microalgae as alternative sources of high-quality food components and their inclusion as techno-functional ingredients in meat product technology.

Material and methods. An analysis of literary sources on the research topic was carried out.

Results. In this review, the possibilities of microalgae as sources of proteins, pigments, vitamins, antioxidants and carriers of biologically active substances are considered.

Conclusions. Foods made with the help of microalgae, including meat, are not sufficiently well studied due to the lack of awareness, which is a prerequisite for further research.

Key words: meat products, proteins, microalgae, biologically active substances, additives.

Введение. По данным «Проект «Голод»» (англ. The Hunger Project, ТНР), из 7,6-миллиардного населения мира 815 млн не имеют достаточно еды, чтобы прокормить себя, среди них почти три четверти населения напрямую зависят от сельского хозяйства [14]. В то же время предполагается, что к 2050 г. население Земли возрастет, что приведет к увеличению потребности в белках животного происхождения [10]. Причем, если глобальная тенденция потребления мяса сохранится, то спрос на животный белок удвоится, что приведет к увеличению нагрузки на природные ресурсы и окружающую среду [1].

В то же время в некоторых развитых странах местное население потребляет калорийную пищу из-за своего активного образа жизни. Это вызывает серьезные опасения по поводу возможного негативного влияния переработанных мясных продуктов на здоровье человека, связанного с увеличением сердечно-сосудистых и дегенеративных заболеваний, а также развитием ожирения [27].

Цель исследования: дать краткий обзор возможности использования микроводорослей в качестве альтернативных источников высококачественных пищевых компонентов и включения их в качестве техно-функциональных ингредиентов в технологию мясных продуктов.

Материал и методы исследования. Проведен анализ литературных источников по теме исследования.

Результаты исследования и их обсуждение.

Микроводоросли как альтернативный источник белков и аминокислот.

На протяжении тысячелетий люди использовали микроводоросли в качестве компонента своего рациона. Так,

например, микроводоросли потреблялись в Китае еще 2000 лет назад, а позже виды *Chlorella* и *Spirulina* стали употребляться в качестве функциональной здоровой пищи на Тайване, в Японии и Мексике [19].

В настоящее время продукты, полученные из микроводорослей, представляются производителями и продаются в качестве «здоровых», доступных потребителям в форме капсул, таблеток, порошков, жидкостей, или же используются для изготовления жевательной резинки, тортов, хлопьев, алкогольных напитков, включая вино, и т.д. [26].

Согласно рекомендациям СЗО/ФАО/УНУ [6], микроводоросли являются отличным источником незаменимых аминокислот, причем виды *Chlorella* и *Spirulina* содержат около 70% белка, в котором незаменимые аминокислоты хорошо сбалансированы.

Выращивание и культивирование микроводорослей требует меньшей площади, чем сельскохозяйственные культуры, не зависит от сезонности и не требует применения пестицидов для выращивания [16].

Микроводоросли например, *Spirulina*, *Chlorella*, *Tetraselmis*, *Nannochloropsis*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Scenedesmus*, *Cryptocodinium*, и *Chaetoceros* считаются ценным источником пищи для многих водных и наземных животных, свиней, птиц и т.д. Сообщается также, что они используются в пищу как наземными, так и водными животными [18].

Здоровый образ жизни требует сбалансированного питания, включающего белки, антиоксиданты, витамины, полиненасыщенные жирные кислоты (далее – ПНЖК).

Белки, как основной строительный материал человеческого тела, являются нутриентами, отвечающими за общий рост организма человека. По данным Американской ассоциации диетологов, нормы, позволяющие удовлетворить физиологические потребности человека в белках, выраженные в г/кг массы тела, примерно следующие: для детей 1-3 лет – 3,0 г/кг; для детей от 3 до 6 лет – 2,7 г/кг; для детей от 7 до 13 лет – 2,2 г/кг; для юношей и девушек 14-17 лет – 1,7 г/кг; для взрослых в возрасте от 18 до 59 лет – 1,3 г/кг; для пожилых людей в возрасте 60-74 лет – 1,0 г/кг; для взрослых старше 75 лет – 0,9 г/кг, а людям, занимающимся

спортом с умеренной и высокой активностью, требуется 1,3–1,7 г белка на кг массы тела в день [28].

Белки состоят из аминокислот. Источниками незаменимых аминокислот являются яйца, мясо птицы, красное мясо, молочные продукты, соя, тофу, рыба [32]. В связи с этим в последние годы особый интерес вызывают белки микроводорослей, в основном, как альтернатива белкам растительного происхождения и свойственной им аллергенности. Кроме того, белки, полученные из микроводорослей, дешевы, экологичны и классифицируются как функциональные продукты питания [5], что связано с чрезвычайно высоким содержанием в них аминокислот [25].

Из данных, представленных в таблице 1, очевиден высокий потенциал микроводорослей как источников белка по сравнению с другими их источниками.

Таблица 1 – Процентное содержание белка в общем сухом веществе [14]

Пищевые продукты	Содержание белка (% сухого остатка)
Говядина	17.4
Рыба	19,2–20,6
Курица	19-24
Арахис	26
Ростки пшеницы	27
Сыр (Пармезан)	36
Сухое обезжиренное молоко	36
Соевая мука	36
Пивные дрожжи	45
Целое яйцо	47
<i>Chlorella</i>	50–60
<i>Spirulina</i>	60–70

В свою очередь, в таблице 2 показано, что содержание аминокислот в одних микроводорослях сопоставимо с другими источниками и выше [7]. Так, помимо того, что они являются источником белков и незаменимых аминокислот, микроводоросли также богаты полисахаридами, пептидами,

ПНЖК, хлорофиллами, каротиноидами, витаминами, минералами и пищевыми волокнами [16].

Таблица 2 – Аминокислотный профиль традиционных источников белка и микроводорослей (г/100 г сухого вещества) [7, 21]

Аминокислоты г/100 г сухого вещества	Источник				
	Яйца	Куриная грудка	Соя	Хлорелла	Спирулина
Гистидин	2.4	4.5	2.6	2.4	2.0
Изолейцин	6.6	3.24	5.3	4.4	5.8
Лейцин	8.8	6.4	7.7	9.2	9.0
Лизин	5.3	7.9	6.4	8.9	5.1
Метионин	3.2	2.5	1.3	2.2	2.9
Фенилаланин	5.8	3.2	5.0	5.5	4.8
Треонин	5.0	3.7	4.0	4.7	5.1
Триптофан	1.7	-	1.4	-	-
Валин	7.2	3.46	5.3	6.1	6.4
Тирозин	4.2	3.65	3.7	4.2	4.8
Аланин	-	4.7	5.0	8.3	7.4
Аргинин	6.2	5.8	7.4	7.1	7.7
Аспарагин	11.0	7.8	1.3	9.4	7.4
Глютамин	12.6	11.2	19.0	12.9	7.6
Глицин	4.2	3.4	4.5	5.4	16.1
Пролин	4.2	3.2	5.3	4.8	4.6
Серин	6.9	3.4	5.87	4.0	3.3
Цистин	2.3	1.1	1.9	0.4	4.8

По мнению ряда исследователей [12], добавление микроводорослей или их соединений оказывает положительное влияние на органолептические свойства ряда мясных продуктов, таких как колбасы, гамбургеры и паштеты.

Результаты иных исследований, оценивающих прямое включение биомассы микроводорослей *Spirulina sp.* и *Chlorella sp.* в состав мясных продуктов, свидетельствуют об их безопасности для употребления в пищу (Статус GRAS Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США и подтвержден Всемирной организацией здравоохранения). Более того, показано, что

включение в состав свиного паштета 5%-ной доли микроводорослей *Chlorella sp.* и *Spirulina sp.*, а также их 1%-ной доли в состав варено-копченой и маринованной грудки индейки, а также свиных колбасок сопровождалось не только улучшением их органолептических свойств, но также увеличением содержания аминокислот в этих пищевых продуктах [13]. Другие исследователи при изучении пищевой ценности, текстуры и органолептических характеристик рыбных котлет, содержащих биомассу *Chlorella minutissima*, обнаружили, что микроводоросли отрицательно не влияли на их аромат, но изменяли и улучшали цвет и параметры текстуры в зависимости от концентрации [23].

Микроводоросли являются источником пигментов и биоактивных веществ с антиоксидантной активностью.

Пигменты – это молекулы, способные поглощать свет видимого спектра. Длина волны, которая не поглощается этими молекулами, улавливается человеческим глазом, и поэтому виден соответствующий цвет.

Пигменты используются в различных пищевых продуктах, в виде красителей, фармацевтических препаратов и нутрицевтиков [4].

В настоящее время они производятся из синтетических источников, но растет спрос на натуральные красители из-за опасений по поводу безопасности и загрязнения окружающей среды [20].

Природными источниками красителей являются фрукты, цветы, овощи, насекомые и фотосинтезирующие микроорганизмы, такие как микроводоросли [30], которые обладают способностью производить различные пигменты в зависимости от вида и соответствующего им цвета. Так, например, зеленые микроводоросли содержат хлорофилл, а желтые, оранжевые и красные микроводоросли синтезируют каротиноиды [22].

Хлорофилл, вырабатываемый зелеными водорослями, обладает детоксицирующими свойствами и является фитонутриентом. Имеются данные, что он оказывает положительное влияние на репродуктивную способность человека, улучшает обмен белков, углеводов и липидов [15].

Антиоксиданты, синтезируемые человеческим организмом, известны как эндогенные антиоксиданты, а те, которые потребляются с пищевыми добавками, известны как экзогенные антиоксиданты.

Микроводоросли считаются чрезвычайно богатыми антиоксидантами по сравнению с обычными растительными источниками [8]. Так, например, содержание каротиноидов в *Chlorella sorokiniana* составляет около 0,69% в сухом остатке, а содержание каротина и лютеина в нем достигает 600 и 4300 мкг/г, соответственно [11].

При изучении эффекта включения в состав свиной колбасы 0,1%, 0,25% и 0,5% биомассы *Spiulina platensis* установлено, что при увеличении концентрации на протяжении 24 суток лучше сохраняются цвет, аромат и вкус этого пищевого продукта, что, по мнению исследователей, обусловлено усилением антиоксидантной активности микроводорослей [24]. В связи с этим они находят все более широкое применение в пищевой промышленности [8].

Витамины.

Для нормального функционирования органов и тканей помимо белков, углеводов и жиров человеку также необходимы витамины, принимающие активное участие в энергетическом обмене.

Результаты современных исследований по определению содержания витаминов в различных видах микроводорослей демонстрируют высокую концентрацию в них ряда витаминов. Так, например, показано в *Chlorella spp.* особенно высоки концентрации витамина В₇ (биотин) и витамина В₁₂, тогда как во фруктах и овощах витамин В₁₂ не содержится [17], что приводит к его дефициту у людей, придерживающихся веганской диеты, поэтому в ее состав для профилактики развития данного вида гиповитаминоза целесообразно включать микроводоросли [2].

Рыночные тренды.

Поскольку продовольственный рынок продолжает диверсифицироваться, новый подход к улучшению состояния здоровья населения, основанный на обогащении состава пищевых продуктов микроводорослями, представляет особый интерес для

мясной промышленности, которая в течение многих лет боролась с опасениями по поводу повышенного риска для здоровья при употреблении своей продукции с точки зрения инициации и прогрессирования основных хронических и социально значимых заболеваний [9, 29]. Так, согласно результатам рыночного отчета *Credence Research* по продукции из микроводорослей, в ближайшие годы ожидается рост их производства, который превысит 5,2%, а их рыночная стоимость достигнет 44,5 млрд. долларов в 2023 г. [3.]. Поэтому в настоящее время все больше научных исследований раскрывают возможности использования микроводорослей при переработке мясных продуктов, так как их включение в качестве дополнительных источников питательных веществ, например, белков, что представляется многообещающей альтернативой для разработки не только более здоровых пищевых продуктов с соответствующими улучшенными функциональными качествами, но и для преодоления дефицита животных белков в рационах питания ряда возрастных и профессиональных групп населения.

Выводы.

Продукты питания и нутрицевтики, изготовленные с использованием микроводорослей, обладают огромным потенциалом для предотвращения алиментарных заболеваний.

Обилие белка и других важных нутриентов в микроводорослях может определять расширение возможностей реализации широкого потенциала пищевой промышленности при все ускоряющихся темпах роста населения планеты, а также изменяющихся климатических условиях.

Одной из основных проблем использования микроводорослей в производстве пищевых продуктов является низкая осведомленность потребителей об их пользе для здоровья и благополучия человека.

Литература

1. Наумова, С. В. Спирулина: свойства, возможности и перспективы применения / С. В. Наумова, А. В. Травкина // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2022. – № 2 (24). – 43–50.

2. Algae acquire vitamin B12 through a symbiotic relationship with bacteria / M. T. Croft [et al.] // *Nature*. – 2005. – Vol. 438. – P. 90–3.
3. Algae Products Market by Application (Nutraceuticals, Food & Feed Supplements, Pharmaceuticals, Paints & Colorants, Pollution Control, Others) – Growth, Future Prospects, Competitive Analysis, and Forecast 2016–2023. – Режим доступа: <https://www.credenceresearch.com/report/algae-products-market>.
4. Availability and utilization of pigments from microalgae / H. Begum [et al.] // *Critic. Rev. Food Sci. Nutr.* – 2016. – Vol. 56. – P. 2209–22.
5. Barba, F. J. Microalgae and seaweeds for food applications: Challenges and perspectives / F. J. Barba // *Food Research. Int.* – 2017. – Vol. 99. – P. 969–70.
6. Bleakley, S. Algal proteins: extraction, application, and challenges concerning production / S. Bleakley, M. Hayes // *Foods*. – 2017. – Vol. 6 (5). – P. 33.
7. Christaki, E. Microalgae: a novel ingredient in nutrition / E. Christaki, P. Florou-Paneri, E. Bonos // *Int. J. Food Sci. Nutr.* – 2011. – Vol. 62. – P. 794–9.
8. Commercial applications of microalgae / P. Spolaore [et al.] // *J. Biosci. Bioengin.* – 2006. – Vol. 101. – P. 87–96.
9. Gradinarska, D. Effects of lycopene on the colour and sensory characteristics of cooked sausages / D. Gradinarska, K. Danov, K. ValkovaJorgova // *Agricult. Sci. Technol.* – 2012. – Vol. 4. – P. 450–5.
10. FAO – News Article: World’s future food security “in jeopardy” due to multiple challenges, report warns. – Режим доступа: <http://www.fao.org/news/story/en/item/471169/icode/>.
11. Free radicals, antioxidants in disease and health / L. A. Pham-Huy, H. He, C. Pham-Huy // *Int. J. Biomed. Sci.* – 2008. – Vol. 4. – P. 89.
12. Influence of different sources of vegetable, whey and microalgae proteins on the physicochemical properties and amino acid profile of fresh pork sausages / F. J. Marti-Quijal [et al.] // *LWT*. – 2019. – Vol. 110. – P. 316–23.

13. Influence of the addition of different origin sources of protein on meat products sensory acceptance / S. Zamuz [et al.] // *J. Food Proc. Preserv.* – 2019. – Vol. 43. – P. 13940.
14. Know Your World: Facts About World Hunger and Poverty. – Режим доступа: <http://www.thp.org/knowledge-center/know-your-world-facts-about-hunger-poverty/>.
15. Mendoza, N. Introduction to phytochemicals: secondary metabolites from plants with active principles for pharmacological importance / N. Mendoza, E. M. E. Silva // *Phytochemicals: Source of antioxidants and role in disease prevention.* – 2018. – 25 p.
16. Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans / A. K. Koyande [et al.] // *Food Sc. Human Wellness.* – 2019. – Vol., 8 (1). – P. 16–24.
17. Microalgae as a sustainable source of nutraceuticals / M. N. Islam, F. Alsenani, P. M. Schenk // *Microbial. Funct. Foods Nutraceut.* – 2017. – P. 1–19.
18. Microalgae in novel food products / I. Sousa [et al.] // *Food Chem. Res. Developm.* – 2008. – P. 75–112.
19. Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine / R. Sathasivam [et al.] // *Saudi J. Biol. Sci.* – 2019. – Vol. 26 (4). – P. 709–22.
20. Parmar, R. S. A comprehensive study of eco-friendly natural pigment and its applications / R. S. Parmar, C. Singh // *Biochem. Biophys. Reports.* – 2018. – Vol. 13. – P. 22–6.
21. Pimentel, D. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment / D. Pimentel, M. Pimentel // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2003. – Vol. 78. – P. 660–3.
22. Phototrophic pigment production with microalgae: biological constraints and opportunities / K. J. Mulders [et al.] // *J. Phycol.* – 2014. – Vol. 50. – P. 229–42.
23. Physicochemical, textural, antioxidant and sensory characteristics of microalgae-fortified canned fish burgers prepared from minced flesh of common barbel (*Barbus barbus*) / A. B. Atitallah [et al.] // *Food Biosci.* – 2019. – Vol. 30. – P. 100417.
24. Polysaccharides in *Spirulina platensis* improve antioxidant capacity of Chinese-style sausage / A. Luo [et al.] // *J. Food Sci.* – 2017. – Vol. 82. – P. 2591–7.

25. Proximate composition and nutritional value of three macroalgae: *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata* / J. Lorenzo [et al.] // *Marine Drugs*. – 2017. – Vol. 15. – P. 360.

26. Pulz, O. Valuable products from biotechnology of microalgae / O. Pulz, W. Gross // *Applied Microbiol. Biotechnol.* – 2004. – Vol. 65. – P. 635–48.

27. Reducing the environmental impact of dietary choice: Perspectives from a behavioural and social change approach / A. Joece [et al.] // *J. Environment. Publ. Health*. – 2012. – P. 978672.

28. Rodriguez, N. R. American Dietetic Association Dietitians of Canada, American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance / N. R. Rodriguez, N. M. Di Marco, S. Langley, // *Med. Sci. Sports. Exerc.* – 2009. – Vol. 41 (3). – P. 709–31.

29. Seyidoglu, N. A prominent superfood: *Spirulina platensis* / N. Seyidoglu, S. Inan, C. Aydin // *Superfood Funct. Food Dev. Superfoods Their Roles Med.* – 2017. – Vol. 22. – P. 1–27.

30. Travel advice on the road to carotenoids in plants / G. Farré [et al.] // *Plant Sci.* – 2010. – Vol. 179. – P. 28–48.

31. Validating a mobile eye tracking measure of integrated attention bias and interpretation bias in youth / K. B. Allen [et al.] // *Cogn. Ther. Research*. – 2020. – Vol. 44. – P. 668–77.

32. Wu, G. Dietary protein intake and human health / G. Wu // *Food Funct.* – 2016. – Vol. 7 (3). – P. 1251–65.

References

1. Naumova SV, Travkina AV (2022).. *Spirulina: svoystva, vozmozhnosti i perspektivy primeneniya. Aktual'nye voprosy sel'skohozyajstvennoj biologii*;2(24):43–50 (in Russian).

2. Croft MT, Lawrence AD, Raux-Deery E, Warren MJ, Smith AG (2005). Algae acquire vitamin B12 through a symbiotic relationship with bacteria. *Nature*; 438:90–93 (in English).

3. Algae Products Market by Application (Nutraceuticals, Food & Feed Supplements, Pharmaceuticals, Paints & Colorants, Pollution Control, Others) (2023). *Growth, Future Prospects, Competitive Analysis, and Forecast 2016–2023* (Accessed 30

November 2018); [https://www.credenceresearch.com/ report/algae-products-market](https://www.credenceresearch.com/report/algae-products-market) (in English).

4. Begum H, Yusoff FM, Banerjee S, Khatoon H, Shariff M (2016). Availability and utilization of pigments from microalgae. *Critical reviews in food science and nutrition*;56:2209–2222 (in English).

5. Barba FJ (2017). Microalgae and seaweeds for food applications: Challenges and perspectives. *Food Research International*;99:969–970 (in English).

6. Bleakley S, Hayes M (2017). Algal proteins: extraction, application, and challenges concerning production. *Foods*;6(5):33 (in English).

7. Christaki E, Florou-Paneri P, Bonos E (2011). Microalgae: a novel ingredient in nutrition. *International journal of food sciences and nutrition*;62:794–799 (in English).

8. Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of bioscience and bioengineering*;101:87–96 (in English).

9. Gradinarska D, Danov K, ValkovaJorgova K (2012). Effects of lycopene on the colour and sensory characteristics of cooked sausages. *Agricultural Science and Technology*;4:450–455 (in English).

10. FAO – News Article: World’s future food security “in jeopardy” due to multiple challenges, report warns. *Rezhim dostupa*: [http://www.fao.org/news/story/en/ item/471169/icode/](http://www.fao.org/news/story/en/item/471169/icode/) (in English).

11. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science*;4:89 (in English).

12. Marti-Quijal FJ, Zamuz S, Tomašević I, Gómez B, Rocchetti G, Lucini L, Lorenzo JM (2019). Influence of different sources of vegetable, whey and microalgae proteins on the physicochemical properties and amino acid profile of fresh pork sausages. *LWT*;110: 316–323 (in English).

13. Zamuz S, Purriños L, Galvez F, Zdolec N, Muchenje V, Barba FJ, Lorenzo JM (2019). Influence of the addition of different origin sources of protein on meat products sensory acceptance. *Journal of Food Processing and Preservation*;43:e13940 (in English).

14. Know Your World: Facts About World Hunger and Poverty. *Rezhim dostupa:* <http://www.thp.org/knowledge-center/know-your-world-facts-about-hunger-poverty/> (in English).
15. Mendoza N, Silva EME (2018). Introduction to phytochemicals: secondary metabolites from plants with active principles for pharmacological importance. *Phytochemicals: Source of antioxidants and role in disease prevention*;25 (in English).
16. Koyande AK, Chew KW, Rambabu K, Tao Y, Chu DT, Show PL (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*;8(1):16–24 (in English).
17. Islam MN, Alsenani F, Schenk PM (2017). Microalgae as a sustainable source of nutraceuticals. *Microbial functional foods and nutraceuticals*:1–19 (in English).
18. Sousa I, Gouveia L, Batista AP, Raymundo A, Bandarra NM (2008). Microalgae in novel food products. *Food chemistry research developments*:75–112 (in English).
19. Sathasivam R, Radhakrishnan R, Hashem A, Abd Allah EF (2019). Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi journal of biological sciences*;26(4):709–722 (in English).
20. Parmar RS, Singh C (2018). A comprehensive study of eco-friendly natural pigment and its applications. *Biochemistry and Biophysics reports*;13:22–26 (in English).
21. Pimentel D, Pimentel M (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American Journal of Clinical Nutrition*;78:660–663 (in English).
22. Mulders KJ, Lamers PP, Martens DE, Wijffels RH (2014). Phototrophic pigment production with microalgae: biological constraints and opportunities. *Journal of phycology*;50:229–242 (in English).
23. Atitallah AB, Barkallah M, Hentati F, Dammak M, Hlima HB, Fendri I, Abdelkafi S (2019). Physicochemical, textural, antioxidant and sensory characteristics of microalgae-fortified canned fish burgers prepared from minced flesh of common barbel (*Barbus barbus*). *Food Bioscience*;30:100417 (in English).
24. Luo A, Feng J, Hu B, Lv J, Chen C-YO, Xie S (2017). Polysaccharides in *Spirulina platensis* improve antioxidant capacity of

Chinese-style sausage. *Journal of Food Science*; 82:2591–2597 (in English).

25. Lorenzo J, Agregán R, Munekata P, Franco D, Carballo J, Şahin S, Barba F (2017). Proximate composition and nutritional value of three macroalgae: *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. *Marine Drugs*;15:360 (in English).

26. Pulz O, Gross W (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied microbiology and biotechnology*;65:635–648 (in English).

27. Joyce A, Dixon S, Comfort J, Hallett J (2012). Reducing the environmental impact of dietary choice: Perspectives from a behavioural and social change approach. *Journal of Environmental and Public Health*:978672 (in English).

28. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S (2009). American Dietetic Association Dietitians of Canada, American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*;41(3):709–731 (in English).

29. Seyidoglu N, Inan S, Aydin C (2017). A prominent superfood: *Spirulina platensis*. *Superfood and functional food the development of superfoods and their roles as medicine*;22:1-27 (in English).

30. Farré G, Sanahuja G, Naqvi S, Bai C, Capell T, Zhu C, Christou P. (2010). Travel advice on the road to carotenoids in plants. *Plant Science*;179:28–48 (in English).

31. Allen KB, Woody ML, Rosen D, Price RB, Amole MC, Silk JS (2020). Validating a mobile eye tracking measure of integrated attention bias and interpretation bias in youth. *Cognitive therapy and research*;44:668–677 (in English).

32. Wu G (2016). Dietary protein intake and human health. *Food & Function*;7(3):1251–1265 (in English).

Поступила 16.05.2023

Адрес для корреспонденции: tarm282819@abv.bg