

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ
TECHNOLOGY OF HYDROBIONTS PROCESSING**

Научная статья

УДК 663.8:577.152

DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-225-233

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУКОКСАНТИНА
В КАЧЕСТВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО КОМПОНЕНТА
ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И НАПИТКОВ****Е.Е. Федотова, В.П. Корчагин, Д.Д. Вингорова***Дальневосточный федеральный университет,
690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

Показана перспективность использования каротиноида бурой водоросли *Sargassum pallidum* фукоксантина для обогащения продуктов питания и напитков. Для проведения исследований использовали замороженные образцы водоросли *S. pallidum*, собранной в прибрежной зоне зал. Петра Великого в октябре 2020 г. Для извлечения низкомолекулярных веществ (фукоксантина) использовали метод спиртовой экстракции, а для определения количества фукоксантина в полученном спиртовом экстракте — спектрофотометрический метод. Установили, что при экстракции замороженных водорослей можно получать достаточно стабильный количественный выход фукоксантина на протяжении 6 мес. хранения в условиях заморозки. Полученные экстракты использовали для разработки рецептуры обогащенных напитков на базе черного чая с добавлением сокового концентрата. В результате проведенных исследований была разработана рецептура обогащенного напитка с использованием спиртового экстракта фукоксантина из бурой водоросли *S. pallidum*. Новизна исследования заключается в том, что была экспериментально показана возможность использования спиртовых экстрактов буровой водоросли *S. pallidum* в качестве источника биологически активного вещества фукоксантина для изготовления продуктов питания.

Ключевые слова: бурые водоросли, *Sargassum pallidum*, фукоксантин, экстракция, функциональные добавки.

Для цитирования: Федотова Е.Е., Корчагин В.П., Вингорова Д.Д. Перспективы использования фукоксантина в качестве биологически активного компонента для обогащения продуктов питания и напитков // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 1. — С. 225–233. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-225-233.

Original article

**Prospects for using fucoxanthin as a functional component
of food products and beverages****Ekaterina E. Fedotova, Vladimir P. Korchagin, Daria D. Vingorodova**

*, **, *** Far-Eastern Federal University, 8, Sukhanov Street, Vladivostok, 690950, Russia

* postgraduate student, katfedotova94@gmail.com

** Ph.D., assistant professor, vladkorch@hotmail.com

*** student, vingorodova_dd@dvfu.ru

* Федотова Екатерина Евгеньевна, аспирант, katfedotova94@gmail.com; Корчагин Владимир Павлович, кандидат биологических наук, доцент, vladkorch@hotmail.com; Вингорова Дарья Дмитриевна, студент, e-mail: vingorodova_dd@dvfu.ru.

© Федотова Е.Е., Корчагин В.П., Вингорова Д.Д., 2022

Abstract. Brown algae can be used as raw materials for pharmacological and functional extracts, in particular carotenoids of brown alga *Sargassum pallidum* are a source for biologically active substances, as a carotenoid fucoxanthin with a wide spectrum of properties useful both for daily preventive consumption and therapeutic diets. Prospects for using *S. pallidum* as a raw material for extracting the carotenoid fucoxanthin and its further using as a biologically active component in the food industry are considered. The algae were collected in the coastal zone of Peter the Great Bay (Novik Bay of Russky Island) in October 2020, then frozen. Before freezing, the algae were washed and excess moisture was removed. Small pieces of the alga tissue were cut, put into closed packages, and processed for 24 hours by ethyl alcohol with 80 % concentration in a dark place in refrigerator under temperature +7 °C. The obtained alcohol extract was used as a functional additive for beverages, as iced black tea and juice concentrates. These beverages were examined for organoleptic properties (by the group of 10 experts) and economic value. The apple and red grape juice concentrates with the fucoxanthin extract have the best organoleptic properties. As the final result, technology of functional drinks with alcohol extract of fucoxanthin from brown alga *S. pallidum* is developed.

Keywords: brown algae, *Sargassum pallidum*, fucoxanthin, extraction, functional additive.

For citation: Fedotova E.E., Korchagin V.P., Vingorodova D.D. Prospects for using fucoxanthin as a functional component of food products and beverages, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 1, pp. 225–233. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-225-233.

Введение

Морские бурые водоросли по праву считаются одним из самых ценных ресурсов среди гидробионтов. Их можно рассматривать не только как пищевой продукт, но и как средство для получения фармакологических и функциональных экстрактов. Бурые морские водоросли являются одним из наиболее перспективных и обширных сырьевых ресурсов для получения биологически активных веществ [Воскобойников, Белишева, 2013].

Дальневосточные моря обладают богатым и разнообразным видовым составом бурых водорослей, образующих целые пояса вдоль всего побережья. В Приморском крае чаще всего встречаются водоросли семейства ламинариевых, фукусовых и саргассовых.

Биологическая ценность водорослей обусловлена высоким содержанием в них полисахаридов, полиненасыщенных жирных кислот, минеральных элементов, йода, а также других минеральных и органических соединений. Наибольшую долю органических соединений бурых водорослей занимают полисахариды, большая часть которых является неусвояемыми. Неусвояемые полисахариды проявляют свойства сорбентов в отношении выведения из организма токсичных продуктов метаболизма, а также поступающих в организм извне солей тяжелых металлов и радионуклидов [Аминина и др., 2007].

К преимуществам морских бурых водорослей можно отнести их низкую токсичность. Также они являются источником биологически активных веществ, не встречающихся в наземных растениях, и обладают сбалансированным макро- и микроэлементным составом. В бурых водорослях в разном количестве присутствуют полисахариды, жирные кислоты, витамины С, D, E, P, K, группы B, фолиевая кислота, микроэлементы (Ca, K, Mg, Fe и др.), а также пигменты (хлорофиллы, каротиноиды) [Потишук и др., 2007].

Один из таких пигментов — каротиноид фукоксантин. Биологически активные свойства фукоксантина давно привлекают к нему внимание ученого сообщества. Множество исследований, проведенных учеными из разных стран [Peng et al., 2011; Takaichi, 2011; D’Orazio et al., 2012; Narayani et al., 2016], показали, что фукоксантин обладает широким спектром полезных действий. Это делает его чрезвычайно привлекательным биологически активным нутриентом, подходящим не только для повседневного профилактического потребления, но и для включения в лечебные диеты.

Научно доказана противоопухолевая способность фукоксантина, а также его возможность подавлять рост раковых клеток [Kim et al., 2010]. Фукоксантин является основой для ряда лекарственных препаратов для лечения рака прямой кишки, печени и меланомы [Maeda et al., 2005].

Множественные исследования на крысах, получавших рацион с высоким содержанием жиров, показали, что прием фукоксантина способствовал снижению общего уровня холестерина и триглицеридов [Maeda et al., 2005]. Фукоксантин может быть рассмотрен как перспективная пищевая добавка для подавления ожирения [Maeda et al., 2005; Gammone et al., 2015].

При изучении влияния препарата «Ксантиген», содержащего фукоксантин бурых водорослей, на массу тела женщин, содержание жира, липидов печени и биохимию крови показано, что употребление ксантигена-600/2,4 мг (300 мг масла зерен граната + 300 мг экстракта бурой водоросли, содержащих 2,4 мг фукоксантина) в течение 16 нед приводило к статистически значимому снижению массы тела, окружности талии и содержания жира в печени [Abidov et al., 2010].

В Приморском крае среди бурых водорослей самой распространенной и наиболее изученной является *Saccharina (Laminaria) japonica*, которая широко используется в пищевой промышленности и медицине. В пищу и как сырье для получения лечебно-профилактических препаратов и биодобавок применяют также бурую водоросль *Sargassum pallidum*, содержащую полисахариды, обладающие иммуностимулирующей и противоопухолевой активностью [Атлас..., 2008]. Этот вид не так широко известен, хотя находится в широком доступе и по биологической ценности не уступает *S. (L.) japonica* [Аминина, 2012].

Несмотря на все вышеперечисленные полезные свойства, на данный момент фукоксантин не зарегистрирован в качестве функционального ингредиента и не имеет утвержденной нормативной документации. В национальном стандарте ГОСТ Р 55577–2013 фукоксантин также не упоминается. Таким образом, одной из задач наших исследований является привлечение внимания к более глубоким исследованиям фукоксантина для последующего его внедрения в нормативную документацию.

В настоящей работе рассматривается перспектива использования бурой водоросли *S. pallidum* в качестве сырья для выделения каротиноида фукоксантина и дальнейшего использования последнего как биологически активного компонента в пищевой промышленности.

Материалы и методы

Для проведения исследований использовали бурую водоросль *S. pallidum*, собранную в прибрежной зоне зал. Петра Великого (бухта Новик, о. Русский) в октябре 2020 г.

Из водорослей получали замороженные образцы. Перед заморозкой водоросли промывали от лишних примесей, удаляли излишнюю влагу. Затем нарезали мелкие куски квадратного сечения и укладывали в герметичную упаковку. Срок хранения замороженных образцов составлял не более 6 мес. при температуре -18°C .

Для получения низкомолекулярных веществ из полученных образцов использовали метод спиртовой экстракции. Экстракция образцов проходила в темном месте в холодильнике ($+7^{\circ}\text{C}$) в течение 24 ч. Данные условия экстракции были определены авторами экспериментальным путем и описаны ранее [Федотова и др., 2020].

Экстрагентом служил этиловый спирт концентрацией 80 %. Экстракт готовили следующим образом: в колбу с герметичной крышкой клали навеску замороженного образца, заливали экстрагентом, перемешивали, закрывали колбу и убирали в темное место на хранение в соответствии с условиями экстракции. Полученный экстракт фильтровали или центрифугировали при 4000 g 5 мин. Для определения количества фукоксантина в полученном растворе использовали спектрофотометрический метод (Shimadzu UV Spectrophotometer UV-1800). Отфильтрованный раствор помещали в

кюветы и измеряли в спектрофотометре относительно эталонного раствора (этилового спирта 80 %). Рассматривали спектр поглощения в интервале длин волн 350–800 нм. Расчет осуществлялся по формуле, приведенной в литературе [Narayani et al., 2016]:

$$\text{фукоксантин мг/г} = A_{470} - 1,239 (A_{631} + A_{581} - 0,3 \cdot A_{664}) - 0,0275 \cdot A_{664}/141,$$

где A — оптическая плотность указанной длины.

После определения количества фукоксантина в спиртовом экстракте его использовали в качестве функциональной добавки при разработке рецептуры напитков. Базой для разрабатываемого напитка послужили охлажденный черный чай и концентраты натурального сока. Органолептическим методом подбирались вкусы, которые лучше сочетаются с полученным экстрактом. Главной задачей при разработке напитка стало сокрытие специфического вкуса и запаха бурой водоросли *S. pallidum*. Для этого за основу напитка были выбраны черный чай и соковые концентраты с яркими фруктовыми и ягодными вкусами. Для разработки были закуплены концентраты апельсинового, клубничного, клюквенного, яблочного вкусов, а также вкуса белого и красного винограда.

Лучшие органолептические и экономические показатели были у яблочного и виноградного концентратов. Соковые экстракты добавляли в готовый охлажденный черный чай. Количество вносимого концентрата рассчитывалось с учетом разбавления водой согласно инструкции, данной производителем (1,0 : 5,0 для яблочного и 1,0 : 3,5 для виноградного), и регулировалось до достижения приятных органолептических свойств. Тестовый образец напитка составлял 240 мл.

Согласно литературным данным [Abidov et al., 2010] суточная норма фукоксантина составляет 2,4 мг/сут. Больше количество фукоксантина не принесет дополнительную пользу для организма. Для определения количества экстракта, добавляемого на порцию напитка, нами был проведен расчет количества добавляемого экстракта, необходимого, чтобы соблюсти установленную суточную норму.

Для разработки технологии напитка были использованы экстракты, полученные из замороженных образцов бурой водоросли *S. pallidum*, содержащие не менее 6 мг/г фукоксантина. Учитывая суточную норму фукоксантина, обозначенную ранее, было решено вносить в одну порцию напитка 0,5 г экстракта, содержащего не менее 3,0 мг фукоксантина. Доля спирта в готовом напитке массой 240 г составляла 0,17 %, что позволяет считать напиток безалкогольным в соответствии с ГОСТ 28188–2014. Внесение фукоксантина сверх суточной нормы объясняется низкой устойчивостью вещества к кислороду воздуха и свету, допускающего возможную потерю фукоксантина в процессе производства, хранения и реализации.

Полученные напитки для определения их органолептических свойств были отданы на дегустацию тестовой группе из 10 чел. Полученные в ходе дегустации данные были сведены в виде таблиц.

Результаты и их обсуждение

В данной работе в качестве источника фукоксантина использовали замороженные образцы бурой водоросли *S. pallidum*. При разработке напитка использовали экстракты, полученные из замороженных образцов, сроком хранения не более 30 сут. Далее для экспериментальных измерений готовили экстракты в течение 6 мес. с момента сбора материала.

Количественный выход фукоксантина в период разработки напитка и далее на протяжении 5 мес. колебался в незначительной степени. Выход составлял от 6,05 до 6,30 мг фукоксантина на 1 г экстракта. Согласно литературным данным [Abidov et al., 2010] необходимая суточная норма фукоксантина может быть восполнена 0,5 мг полученного экстракта, с учетом возможной потери фукоксантина в процессе производства или хранения, так как каротиноид нестабилен в присутствии кислорода и солнечного света.

Опираясь на полученные данные, можно сделать вывод о том, что образцы водоросли, хранение которых происходит при -18°C , могут быть использованы для разработки обогащенных напитков в течение 6 мес. с момента заморозки.

После получения экстракта со стабильным выходом фукоксантина необходимо было выбрать базу, на основе которой будет разработана технология рецептуры функционального напитка. В качестве основы был выбран охлажденный черный чай, который частично маскировал неприятный вкус и запах добавляемого экстракта, но не скрывал в полной мере. Для улучшения потребительских свойств готового напитка было решено внести в рецептуру соковые концентраты в качестве вкусоароматического компонента по соображениям их натурального происхождения, природного состава сахаров, низкой аллергенности. Соковые концентраты обладают ярким вкусом и приятным ароматом, помогающим скрыть специфический привкус и запах бурой водоросли *S. pallidum*.

Для проведения органолептического анализа и выбора конечных вкусов были закуплены несколько видов сокового концентрата. При первичном анализе экономической составляющей наиболее выгодными для приготовления напитков оказались яблочный, клубничный и клюквенный концентраты. Однако клубничный концентрат обладает очень сладким вкусом, кроме того, клубника является одним из сильных аллергенов и может не подойти для употребления определенному кругу потребителей. Клюквенный концентрат, в свою очередь, обладает характерным кислым вкусом, что также может не подойти определенному кругу потребителей по органолептике и вкусовым ощущениям.

Апельсиновый концентрат оказался самым дорогостоящим и невыгодным в экономическом плане. Концентраты белого и красного винограда, несмотря на высокую стоимость, обладают приятным вкусом и ароматом. Однако соковый концентрат белого винограда имеет более сладкий, немного приторный вкус и проигрывает по органолептическим показателям соковому концентрату из красного винограда. Яблочный концентрат оказался самым предпочтительным из всех, так как показал оптимальные результаты по всем показателям.

Однако для чистоты эксперимента были разработаны напитки со всеми 6 вкусами сокового концентрата. Для определения потребительских предпочтений была проведена дегустация с привлечением 10 человек. Для оценки использовали шкалу от 1 до 10. В табл. 1 представлены средние арифметические значения и итоговая оценка каждого из напитков.

Таблица 1
Сравнительный анализ соковых концентратов
Table 1

Comparative analysis of juice concentrates

Наименование вкуса	Органолептические показатели, средний балл			Итоговая оценка, балл
	Аромат	Вкус	Цвет	
Апельсин	8,9	8,2	9,8	26,9
Белый виноград	9,0	8,6	10,0	27,6
Красный виноград	9,4	9,9	10,0	29,3
Клубника	9,2	8,4	10,0	27,6
Клюква	8,4	8,0	9,7	26,1
Яблоко	9,0	9,8	10,0	28,8

По результатам дегустационного анализа было установлено, что наиболее предпочтительными для потребителя образцами явились напитки с добавлением яблочного сокового концентрата и концентрата сока красного винограда. Однако различия в конечной оценке напитков незначительны, что указывает на возможность выпуска большого ассортимента вкусов будущего напитка, которые одинаково положительно будут восприняты потребителями. Результаты дегустационного анализа оказались близки к выводам, сделанным в ходе начального сравнительного анализа соковых концентратов.

Окончательная рецептура была разработана для напитка с лидирующим вкусом — черный чай с соком красного винограда и экстрактом бурых водорослей.

Для проведения органолептической оценки готового функционального напитка было решено провести сравнение с образцом аналогичной продукции. В качестве образца сравнения был взят холодный черный чай «Fuze tea» со вкусом лесных ягод и гибискуса, так как он имеет схожие характеристики с функциональным напитком. Сравнительный анализ характеристик напитков приведен в табл. 2. Органолептические показатели холодного чая оценивали в соответствии с нормативными документами ГОСТ 6687.5–86 и ГОСТ Р 56543–2015.

Таблица 2
Сравнительный органолептический анализ разработанного холодного чая
и купленного образца

Table 2
Comparative organoleptic analysis of the developed iced tea and the purchased sample

Признак	Разработанный холодный чай со вкусом винограда и фукоксантином	Холодный черный чай «Fuze tea» со вкусом лесных ягод и гибискуса
Состав	Вода питьевая, черный чай, сок красного винограда концентрированный, экстракт бурых водорослей как источник фукоксантина	Очищенная вода, сахар, регуляторы кислотности (лимонная кислота, цитрат натрия, яблочная кислота), ягодные соки (черничный, малиновый, земляничный) 0,3 %, натуральные ароматизаторы, экстракт черного чая 1,1 г/л, экстракт гибискуса
Внешний вид	Жидкость однородного цвета, темная, слегка мутная, без включений и осадка	Жидкость однородного цвета, темная, достаточно прозрачная, без включений и осадка
Вкус и запах	Выраженный вкус и запах винограда, терпкость чая сильнее, чем у второго образца. Вкус кисло-сладкий, немного горчит от чая, терпкий в меру	Выраженный вкус и запах лесных ягод, присутствует терпкий вкус чая. Вкус выраженно кисло-сладкий, терпкий в меру
Цвет	Темно-бордовый, немного мутный	Темно-бордовый, однородный
Пищевая ценность на 100 г продукта	Белки — 0 г, жиры — 0, углеводы — 5,4 г	Белки — 0 г, жиры — 0, углеводы — 7,8 г
Энергетическая ценность на 100 г продукта	21,7 ккал/90,6 кДж	33 ккал/138 кДж

Наименования физико-химических показателей качества холодного чая и методы их определения установили в соответствии с ГОСТ Р 56543–2015 и ГОСТ 34548–2019. Результаты исследования физико-химических показателей разработанного холодного чая представлены в табл. 3.

Таблица 3
Результаты исследования физико-химических показателей функционального холодного чая

Physical and chemical properties of the functional iced tea

Наименование показателя	Нормативная величина показателя	Результат исследования
Кислотность, см ³ 1 моль/1000 см ³ раствора NaOH, пошедшего на титрование 100 см ³ напитка	Не более 8,0	2,10
Массовая доля сухого экстракта чая (сухих веществ), %	Не менее 0,1	0,76
Массовая доля спирта в разовой порции, %	Не более 0,5	0,17
Содержание фукоксантина в разовой порции, % от уровня рекомендуемого суточного потребления	Не менее 15,0	125,0

Заключение

Таким образом, была исследована перспектива использования фукоксантина из бурой водоросли *S. pallidum* в качестве биологически активного ингредиента в пищевых продуктах. Разработанная рецептура холодного чая с добавлением сокового концентрата красного винограда и экстракта бурых водорослей в качестве источника фукоксантина отвечает органолептическим и физико-химическим требованиям к готовому продукту данной категории. Для использования разработки в промышленном масштабе необходимо разработать режим пастеризации или консервации напитка для создания экономически реализуемого срока хранения продукта. Готовый продукт рекомендуется выпускать в алюминиевой таре или в таре из темного стекла для обеспечения защиты фукоксантина в напитке от воздействия кислорода и солнечных лучей.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность педагогическому составу Департамента пищевых наук и технологий, Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета за консультации и помощь, оказанную в ходе исследования.

Authors would like to thank the staff of Department of Food Science and Technology, School of Biomedicine of Far Eastern Federal University for their advices and assistance.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study has no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с животными в качестве объектов.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

This article does not concern to animal studies.

Authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Е.Е. Федотова — проведение анализа литературы, написание исходного текста, итоговые выводы; В.П. Корчагин — концепция исследования, сбор сырья для проведения исследования, итоговые выводы; Д.Д. Вингородова — анализ физико-химических показателей чая, сбор сырья для проведения исследования, доработка текста, итоговые выводы.

E.E. Fedotova — analysis of scientific literature, organoleptic examination, writing the original text, conclusions; V.P. Korchagin — concept of the study, collection of raw materials, conclusions; D.D. Vingorodova — collection of raw materials, laboratory analysis of physical and chemical properties, text revision, conclusions.

Список литературы

Аминина Н.М. Биологическая ценность морских водорослей дальневосточного побережья // РЫБПРОМ: Технологии и оборудования для переработки водных биоресурсов. — М. : ИП Вареха Е.Ю., 2012. — № 3. — С. 32–35.

Аминина Н.М., Вишневская Т.И., Гурулева О.Н., Ковековдова Л.Т. Состав и возможности использования бурых водорослей дальневосточных морей // Вестн. ДВО РАН. — 2007. — № 6(136). — С. 123–130.

Атлас массовых видов водорослей и морских трав российского побережья Дальнего Востока / В.Д. Дзизюров, В.Н. Кулепанов, Т.В. Шапошникова и др. — Владивосток : ТИПРО-центр, 2008. — 327 с.

Воскобойников Г.М., Белишева Н.К. Водоросли и здоровье северян. Препринт. — Мурманск : ММБИ КНЦ РАН, 2013. — 32 с.

Потишук Л.Н., Каленик Т.К., Елисеева Т.И., Сафина И.Н. Технология использования экстрактов бурых водорослей в производстве водок особых // Изв. вузов. Пищ. технология. — 2007. — № 4(299). — С. 73–75.

Федотова Е.Е., Корчагин В.П., Вингорова Д.Д. Использование бурых водорослей *Sargassum pallidum* в качестве сырья для выделения фукоксантина // Изв. ТИНРО. — 2020. — Т. 200, вып. 3. — С. 1008–1015. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-1008-1015.

Abidov M., Ramazanov Z., Seifulla R., Grachev S. The effects of Xanthigen in the weight management of obese premenopausal women with non-alcoholic fatty liver disease and normal liver fat // Diabet. Obes. Metab. — 2010. — Vol. 12(1). — P. 72–81. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2009.01132.x.

D’Orazio N., Gemello E., Gammone M.A. et al. Fucoxantin: a treasure from the sea // Mar. Drugs. — 2012. — Vol. 10(3). — P. 604–616. DOI: 10.3390/md10030604.

Gammone M.A., Riccioni G., D’Orazio N. Carotenoids: potential allies of cardiovascular health // Food & Nutr. Res. — 2015. — Vol. 59. — P. 1–11. DOI: 10.3402/fnr.v59.26762.

Kim K.N., Heo S.J., Kang S.M. et al. Fucoxanthin induces apoptosis in human leukemia HL-60 cells through a ROS-mediated Bcl-xL pathway // Toxicol. in Vitro. — 2010. — Vol. 24. — P. 1648–1654. DOI: 10.1016/j.tiv.2010.05.023.

Maeda H., Hosokawa M., Sashima T. et al. Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues // Biochemical and Biophysical Research Communications. — 2005. — Vol. 332. — P. 392–397.

Narayani S., Saravanan S., Bharathiraja S., Mahendran S. Extraction, partially purification and study on antioxidant property of fucoxanthin from *Sargassum cinereum* J. Agardh // Pharm. Res. — 2016. — Vol. 8(3). — P. 610–616.

Peng J., Yuan J.P., Wu C.F., Wang J.H. Fucoxanthin, a marine carotenoid present in brown seaweeds and diatoms: metabolism and bioactivities relevant to human health // Mar. Drugs. — 2011. — Vol. 9(10). — P. 1806–1828. DOI: 10.3390/md9101806.

Takaichi S. Carotenoids in algae: Distributions, biosyntheses and functions // Mar. Drugs. — 2011. — Vol. 9(6). — P. 1101–1118. DOI: 10.3390/md9061101.

References

Aminina, N.M., Biological value of seaweed of the Far East coast, *RYBPROM: Tekhnologii i oborudovaniya dlya pererabotki vodnykh bioresursov* (RYBPROM: Technologies and equipment for the processing of aquatic biological resources), Moscow: IP Varekha E.Yu., 2012, no. 3, pp. 32–35.

Aminina, N.M., Vishnevskaya T.I., Guruleva O.N., and Kovekovdova L.T. Biological value and parameters of safety of brown seaweeds in the Far-Eastern seas, *Vestn. Dal’nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2007, no. 6(136), pp. 123–130.

Dzizyurov, V.D., Kulepanov, V.N., Shaposhnikova, T.V., Sukhoveeva, M.V., Gusarova, I.S., and Ivanova, N.V., *Atlas massovykh vidov vodorosley i morskikh trav rossiyskogo poberezh’ya Dal’nego Vostoka* (Atlas of mass species of algae and sea grasses of the Russian coast of the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008.

Voskoboinikov, G.M. and Belisheva, N.K., *Vodorosli i zdorov’ye severyan. Preprint* (Algae and the health of northerners. Preprint), Murmansk: Murm. Mar. Biol. Inst., Kol’sk. Nauchn. Tsentr., Ross. Akad. Nauk, 2013.

Potishuk, L.N., Kalenik, T.K., Eliseeva, T.I., and Safina, I.N., Technology of using extracts of brown algae in the production of special vodkas, *Izv. vuzov. Pishch. tekhnologiya*, 2007, no. 4(299), pp. 73–75.

Fedotova, E.E., Korchagin, V.P., and Vingorodova, D.D., Using of brown algae *Sargassum pallidum* as raw materials for extraction of fucoxanthin, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 200, no. 4, pp. 1008–1015. doi 10.26428/1606-9919-2020-200-1008-1015

Abidov, M., Ramazanov, Z., Seifulla, R., and Grachev, S., The effects of Xanthigen in the weight management of obese premenopausal women with non-alcoholic fatty liver disease and normal liver fat, *Diabet. Obes. Metab.*, 2010, vol. 12, no. 1, pp. 72–81. doi 10.1111/j.1463-1326.2009.01132.x

D’Orazio, N., Gemello, E., Gammone, M.A., de Girolamo, M., Ficoneri, C., and Riccioni, G., Fucoxantin: a treasure from the sea, *Mar. Drugs*, 2012, vol. 10, no. 3, pp. 604–616. doi 10.3390/md10030604

Gammone, M.A., Riccioni, G., and D’Orazio, N., Carotenoids: potential allies of cardiovascular health, *Food & Nutr. Res.*, 2015, vol. 59, pp. 1–11. doi 10.3402/fnr.v59.26762

Kim, K.N., Heo, S.J., Kang, S.M., Ahn, G., and Jeon, Y.J., Fucoxanthin induces apoptosis in human leukemia HL-60 cells through a ROS-mediated Bcl-xL pathway, *Toxicol. in Vitro*, 2010, vol. 24, pp. 1648–1654. doi 10.1016/j.tiv.2010.05.023

Maeda, H., Hosokawa, M., Sashima, T., Funayama, K., and Miyashita, K., Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2005, vol. 332, pp. 392–397.

Narayani, S., Saravanan, S., Bharathiraja, S., and Mahendran, S., Extraction, partially purification and study on antioxidant property of fucoxanthin from *Sargassum cinereum* J. Agardh, *Pharm. Res.*, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 610–616.

Peng, J., Yuan, J.P., Wu, C.F., and Wang, J.H., Fucoxanthin, a marine carotenoid present in brown seaweeds and diatoms: metabolism and bioactivities relevant to human health, *Mar. Drugs*, 2011, vol. 9, no. 10, pp. 1806–1828. doi 10.3390/md9101806

Takaichi, S., Carotenoids in algae: Distributions, biosyntheses and functions, *Mar. Drugs*, 2011, vol. 9, no. 6, pp. 1101–1118. doi 10.3390/md9061101

Поступила в редакцию 8.12.2021 г.

После доработки 11.01.2022 г.

Принята к публикации 25.02.2022 г.

*The article was submitted 8.12.2021; approved after reviewing 11.01.2022;
accepted for publication 25.02.2022*