



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК547.979.8

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.022

 EDN: AKJRCZ

ПОЛУЧЕНИЕ АСТАКСАНТИНА ИЗ ЦИСТ РАЧКА *ARTEMIA SALINA* ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Анастасия Александровна Минакова¹, Наталья Григорьевна Базарнова²,
Денис Викторович Минаков³, Ирина Владимировна Микушина⁴
Анастасия Евгеньевна Дубровина⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

³ Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия

¹ nastya.sinitsyna.1994@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3850-3132>

² bazarnova@chem.asu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4539-2744>

³ minakovd-1990@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4286-7783>

⁴ mikuschinai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1280-7154>

⁵ dubrovina_anastasiya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7973-8304>

Аннотация. В последние годы повышенный интерес вызывают биологически активные соединения, выделенные из природных ресурсов, особенно соединения, способные эффективно воздействовать на вовлеченные в различные заболевания молекулярные мишени. Астаксантин – каротиноид, присутствующий в составе *Haematococcus pluvialis*, *Chlorellazofingiensis*, *Chlorococcum* и *Phaffiarhodozyma*, а также в цистах рачка *Artemiasalina*. Астаксантин, используемый в промышленном масштабе в качестве пищевой добавки, антиоксиданта и компонента противораковых средств, участвует в предотвращении диабета, сердечно-сосудистых заболеваний и нейродегенеративных расстройств, укреплению иммунной защиты. Таким образом, повышение выхода извлечения астаксантина является актуальной технологической задачей. В работе приведены результаты исследования условий декапсулирования цист рачков *Artemiasalina* с подбором параметров последующей экстракции астаксантина. Изучены следующие способы воздействия: обработка гидроксидом калия, обработка раствором гипохлорита натрия, многократная заморозка/разморозка, измельчение (гомогенизация) и обработка в условиях ультразвукового поля. Показано, что наиболее эффективным методом декапсулирования цист являются обработка гипохлоритом натрия в течение 2 часов (соотношение 1:10), воздействие ультразвуком в течение 30 минут и гомогенизация в течение 30 минут: в полученных таким образом образцах концентрация астаксантина составляла 8,30 мг/г, 9,48 мг/г и 9,14 мг/г соответственно. Для дальнейших исследований по подбору оптимальных параметров экстракции использованы цисты, декапсулированные ультразвуковой обработкой. Максимальная концентрация астаксантина в экстракте достигается при обработке декапсулированных цист 96 % этанолом или подсолнечным маслом, что делает возможным непосредственное использование получаемого экстракта в производстве обогащенных и функциональных пищевых продуктов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Губернатора Алтайского края для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий, соглашение №4 от 12.04.2022 года.

Ключевые слова: каротиноиды, ксантофиллы, астаксантин, цисты рачков, декапсуляция, *Artemiasalina*, спектрофотометрия, антиоксиданты.

Для цитирования: Получение астаксантина из цист рачка *Artemiasalina* для разработки функциональных продуктов питания / А. А. Минакова [и др.] // Ползуновский вестник. 2022. № 4. т. 1 С. 167–173. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.022. EDN: <https://elibrary.ru/AKJRCZ>.

Original article

OBTAINING ASTAXANTHIN FROM ARTEMIA SALINA CYSTS FOR THE DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS

Anastasia A. Minakova¹, Natalia G. Bazarnova², Denis V. Minakov³,
Irina V. Mikushina⁴, Anastasia E. Dubrovina⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Altai state university, Barnaul, Russia

³ Biysk Technological Institute (branch) FSBEI HE "Polzunov Altai State Technical University", Biysk, Russia

¹ nastya.sinitsyna.1994@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3850-3132>

² bazarnova@chem.asu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4539-2744>

³ minakovd-1990@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4286-7783>

⁴ mikuschinai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1280-7154>

⁵ dubrovina_anastasiya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7973-8304>

Abstract. In recent years, biologically active compounds extracted from natural resources have aroused increased interest, especially compounds that can effectively affect molecular targets involved in various diseases. Astaxanthin is a carotenoid present in *Haematococcus pluvialis*, *Chlorella zofingiensis*, *Chlorococcum* and *Phaffiarhodozyma*, as well as in the cysts of the *Artemiasalina* crustacean. Astaxanthin, used on an industrial scale as a dietary supplement, antioxidant and component of anticancer agents, is involved in the prevention of diabetes, cardiovascular diseases and neurodegenerative disorders, strengthening of immune protection. Thus, increasing the yield of astaxanthin extraction is an urgent technological task. The paper presents the results of a study of the conditions for decapsulation of *Artemiasalina* crustacean cysts with the selection of parameters for subsequent astaxanthin extraction. The following methods of exposure have been studied: treatment with potassium hydroxide, treatment with sodium hypochlorite solution, multiple freezing/thawing, grinding (homogenization) and processing under ultra-sound field conditions. It is shown that the most effective method of decapsulation of cysts is treatment with sodium hypochlorite for 2 hours (in a ratio of 1:10), ultrasound exposure for 30 minutes and homogenization for 30 minutes: in the samples obtained in this way, the concentration of astaxanthin was 8.30 mg/g, 9.48 mg/g and 9.14 mg/gd accordingly. For further studies on the selection of optimal extraction parameters, cysts decapsulated by ultrasound treatment were used. The maximum concentration of astaxanthin in the extract is achieved when decapsulated cysts are treated with 96% ethanol or sunflower oil, which makes it possible to directly use the resulting extract in the production of enriched and functional foods.

The study was carried out with the financial support of a grant from the Governor of the Altai Territory for the development of qualitatively new technologies, the creation of innovative products and services in the fields of food processing and production, pharmaceutical production and biotechnology, Agreement No. 4 of 12.04.2022.

Keywords: carotenoids, xanthophylls, astaxanthin, crustacean cysts, decapsulation, *Artemiasalina*, spectrophotometry, antioxidants.

For citation: Minakova, A. A., Bazarnova, N. G., Minakov, D. V., Mikushina, I. V. & Dubrovina, A. E. (2022). Obtaining astaxanthin from *Artemia salina* cysts for the development of functional food products. *Polzunovskiy vestnik*, 4 (1), 167-173. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.022. EDN: <https://elibrary.ru/AKJRCZ>.

ПОЛУЧЕНИЕ АСТАКСАНТИНА ИЗ ЦИСТ РАЧКА *ARTEMIA SALINA* ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Астаксантин – каротиноид, имеющий, по сравнению с β -каротином, два дополнительных атома кислорода на каждом из шестичленных колец, относящийся к группе ксантофиллов. Наличие хромофорных групп придает астаксантину насыщенный красный цвет [1, 2]. Этолипофильное соединение. Как

и другие каротиноиды, астаксантин хорошо растворяется в неполярных растворителях (гексан, толуол, бензол, петролейный эфир и другие) и практически нерастворим в воде. Так как молекула астаксантина имеет две гидроксильных группы в своем составе (рисунок 1), его растворимость в полярных растворителях (метанол, этанол) выше, чем у других каротиноидов [3, 4].

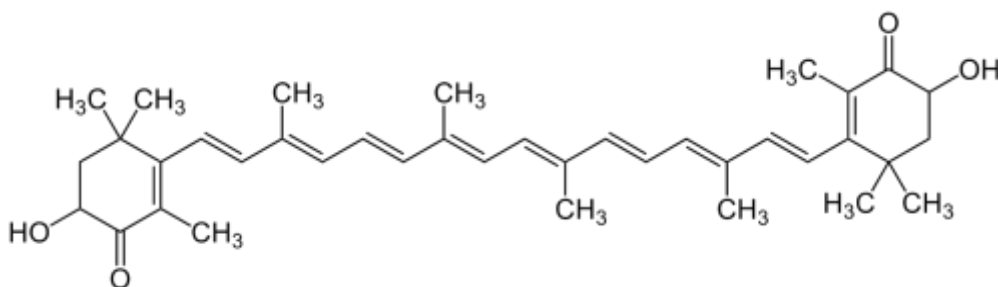


Рисунок 1 – Структурная формула астаксантина

Figure 1 - The structural formula of the astaxanthin

В пищевой промышленности каротиноиды используются в качестве натуральных пищевых красителей для кисломолочной продукции, кондитерских изделий и напитков, а также как биологически активные добавки к пище, улучшающие усвоение компонентов и способствующие нормализации обменных процессов. В отличие от других каротиноидов, астаксантин обладает следующими свойствами [5]:

- способен преодолевать гематоэнцефалический барьер, предотвращая окислительные процессы в головном мозге и центральной нервной системе;
- проникает в глазную сетчатку, оказывая противовоспалительное действие;
- гораздо быстрее улавливает свободные радикалы и гасит синглетный кислород.

Астаксантин естественным образом вырабатывается пресноводными микроводорослями *Haematococcus pluvialis* и дрожжевым грибом *Xanthophyllomyces dendrorhous* [6, 7]. Кроме того, его получение можно реализовать выделением из другого сырья, содержащего астаксантин: биомассы рыб, таких как морской лещ и лосось, из ракообразных – креветки, крабы, криль, цисты рачков *Artemiasalina* [3, 8]. В последнем случае для обеспечения эффективности экстракции астаксантина различными растворителями необходимо предварительно разрушать прочную оболочку цист, то есть проводить декапсуляцию.

В литературе описано несколько способов декапсуляции цист рачков, среди которых

можно выделить механические и химические способы. К механическим способам относятся заморозка, измельчение, обработка ультразвуком. К химическим – обработка щелочью и окислителями [9, 10].

Целью работы являлся подбор условий декапсулирования цист рачка *Artemiasalina* и экстрагента для максимального извлечения астаксантина как потенциального биологически активного ингредиента для разработки новых обогащенных и функциональных продуктов питания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследований использовали цисты рачка *Artemiasalina*, собранных осенью 2021 года на озере Большое Яровое, Алтайский край, Россия.

В работе применяли следующие методы декапсулирования цист:

1. Обработка гидроксидом калия

В расчете на 20 г капсулированных цист добавляют 200 мл 40 % раствора KOH и при непрерывном перемешивании выдерживают 30 минут. После этого раствор разбавляют и нейтрализуют концентрированной фосфорной кислотой до достижения pH 5,5...6,0. Нейтрализованный раствор фильтруют, промывают водой и сушат на воздухе [10].

2. Обработка раствором гипохлорита натрия

К 20 г капсулированных цист приливают 250 мл подготовленного декапсулирующего раствора, нагревают раствор до 40 °C и при

непрерывном перемешивании выдерживают в течение 30 минут. Затем пробу фильтруют, промывают цисты водой, небольшим количеством концентрированной соляной кислоты для удаления остатков хлора и вновь водой до нейтральной реакции.

3. Заморозка

Осуществляется многократная заморозка / разморозка капсулированных цист из расчета 200 мл воды на 20 г цист. При замачивании оболочка цист набухает, а после замораживания кристаллы льда механически нарушают целостность этой оболочки.

4. Измельчение, гомогенизация

В коническую колбу вносится 20 г капсулированных цист и 200 мл воды, затем опускают гомогенизатор и обрабатывают смесь в течение 30 минут со скоростью 25000 об/мин. После чего содержимое фильтруют и высушивают цисты на воздухе.

5. Обработка ультразвуком

В коническую колбу вносится 20 г капсулированных цист и 200 мл воды. Колба закрывается пробкой и помещается в ультразвуковую ванну при температуре 30 °С на 30 минут, после чего содержимое фильтруют и высушивают цисты на воздухе. Критерием успешно проведенного декапсулирования служит изменение окраски цист с серо-коричневого на оранжевый.

Экстракция астаксантина. В конические колбы на 1000 мл помещают по 20 г

предварительно декапсулированных цист, заливают 500 мл растворителя, тщательно перемешивают и помещают в УЗ-ванну на 30 минут, следя за тем, чтобы температура воды не поднималась выше 40 °С. После этого содержимое колб в течение суток выдерживают в темноте, затем фильтруют. Для количественного определения астаксантина в полученных экстрактах все образцы подвергнуты УФ-ВИД спектроскопии на спектрофотометре Agilent Cary 60. Анализ проводился по методике, описанной в [3].

Удельный показатель поглощения для раствора астаксантина в ацетоне – 2550, в гексане – 2100; толщина кюветы 1,0000 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Объектом исследования являлись цисты рачка *Artemiasalina*, обитающего в соленых озерах Алтайского края. Наличие прочной оболочки, устойчивой к агрессивным средам в течение продолжительного времени для сохранения зародышей внутри, приводит к затруднению экстракции биологически активных веществ, в том числе астаксантина.

Обработка гидроксидом калия. Проведена серия опытов с экспозицией 30 минут и 2 часа. После 30 минут воздействия цвет цист практически не изменился, после 2 часов стал серовато-зеленым (рисунок 2, а).

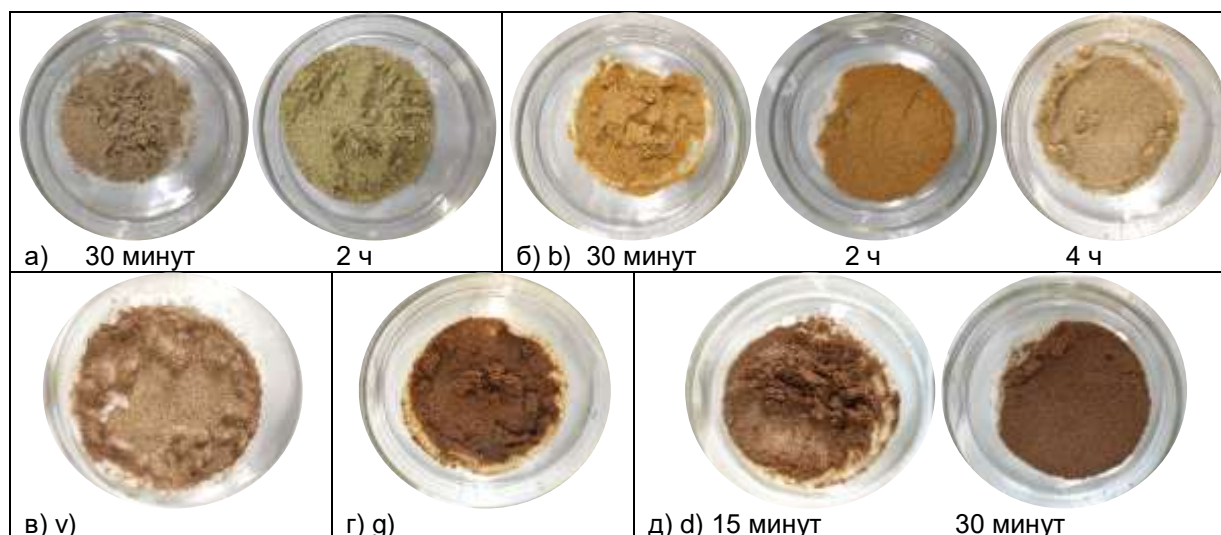


Рисунок 2 – Цисты после воздействия: а) гидроксида калия; б) гипохлорита натрия; в) заморозки; г) гомогенизации; д) обработки ультразвуком

Figure 2 - Cysts after exposure to: a) potassium hydroxide; b) sodium hypochlorite; v) freezing; g) homogenization; d) ultrasound treatment

ПОЛУЧЕНИЕ АСТАКСАНТИНА ИЗ ЦИСТ РАЧКА ARTEMIA SALINA ДЛЯ РАЗРАБОТКИ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ



Рисунок 3 – Экстракты из декапсулированных цист: 1 – гипохлорит натрия, 30 минут; 2 – гипохлорит натрия, 2 ч; 3 – гипохлорит натрия, 4 ч; 4 – УЗ, 15 минут; 5 – УЗ, 30 минут; 6 – гомогенизация, 30 минут; 7, 8, 9 – заморозка 1, 2, 3 цикла соответственно

Figure 3 - Extracts obtained from decapsulated cysts: 1 - sodium hypochlorite 30 min; 2 - sodium hypochlorite 2 h; 3 - sodium hypochlorite 4 h; 4 - UZ 15 min; 5 - UZ 30 min; 6 - homogenization 30 min; 7, 8, 9 - freezing 1, 2, 3 cycle accordingly

Таблица 1 – Анализ содержания астаксантина в этанольных экстрактах цист *A.salina*, декапсулированных разными способами

Table 1 - Analysis of the content of astaxanthin in ethanol extracts of *A.salina* cysts, decapsulated in different ways

№ п/п	Длина волны, нм	Оптическая плотность	Концентрация астаксантина	
			•10 ⁻⁴ моль/л	мг/г
1	471,0	0,224	2,20	3,28
2	470,0	0,568	5,57	8,30
3	466,0	0,250	2,45	3,66
4	466,0	0,256	2,51	3,75
5	470,0	0,648	6,35	9,48
6	468,0	0,625	6,13	9,14
7	469,0	0,253	2,48	3,70
8	467,0	0,199	1,95	2,91
9	471,0	0,056	0,55	0,81

Примечания. Коэффициент разбавления = 2,5. Номера образцов: 1 – гипохлорит натрия 30 минут; 2 – гипохлорит натрия 2 ч; 3 – гипохлорит натрия 4 ч; 4 – УЗ 15 минут; 5 – УЗ 30 минут; 6 – гомогенизация 30 минут; 7, 8, 9 – заморозка 1, 2, 3 цикла соответственно.

Обработка гипохлоритом натрия.

Проведена серия опытов с различным временем выдержки – 30 минут, 2 часа и 4 часа. Внешний вид цист представлен на рисунке 2, б. Очевидно, что слишком продолжительное воздействие гипохлорита натрия ведет к более глубокому разрушению цист; такие цисты уже непригодны для извлечения из них астаксантина.

Заморозка. Проведена серия опытов с различным количеством циклов заморозки / разморозки с водой (1, 2, 3 цикла). Все цисты после разморозки и высушивания выглядели идентично (рисунок 2, в).

Измельчение проводили на гомогенизаторе WiseTis в течение 30 минут со скоростью 25000 об/мин. (рисунок 2, г).

Обработка ультразвуком. Варианты обработки различались продолжительностью ультразвукового воздействия, при использовании УЗ-ванны Wise Clean (рисунок 2, д).

Для оценки эффективности декапсуляции перечисленными методами далее из цист получали этанольные экстракты и сравнивали содержание в них астаксантина (таблица 1). С этой целью в мерные колбы объемом 25 мл вносили по 10 мл этанольных экстрактов и доводили до метки ацетоном. Содержимое колб перемешивали. Регистрацию УФ-спектров проводили в диапазоне длины волны 200...600 нм.

Для анализа концентрации астаксантина в этанольных экстрактах использовали закон Бугера-Ламберта-Бера: $A = \epsilon \cdot C \cdot l$, A – оптическая плотность раствора, l – толщина кюветы – 1 см, ϵ – удельный показатель поглощения для раствора астаксантина в ацетоне – 2550.

Результаты фотометрических исследований образцов, полученных из декапсулированных различным способом цист, показали, что наибольшей степенью экстракции обла-

дают образцы 2, 5 и 6. Им соответствуют способы декапсуляции: образец 2 – обработка гипохлоритом натрия в течение 2 часов; образец 5 – воздействие ультразвуком в течение 30 минут; образец 6 – гомогенизация в течение 30 минут.

Наиболее эффективным способом декапсуляции следует считать обработку ультразвуком в течение 30 минут, поэтому дальнейшие исследования проводили с декапсулированными цистами, полученными данным способом.

Таблица 2 – Влияние растворителей на извлечение астаксантина из декапсулированных цист рачка *Artemiasalina*

Table 2 - Investigation of the effect of solvents on the extraction of astaxanthin from decapsulated *Artemiasalina*

Растворитель	Полоса поглощения, нм	Оптическая плотность	Концентрация астаксантина, мг/г
Этилацетат	465,0	0,418	1,05
Толуол	478,0	0,259	0,99
Петролейный эфир	463,0	0,139	0,59
HEAT*	469,0	1,453	4,62
Гексан	459,0	0,223	0,52
96 % этанол*	461,0	0,648	9,48
Подсолнечное масло**	465,0	0,999	10,91

Примечания. HEAT – гексан-ацетон-этанол-толуол 10:7:6:7.
*коэффициент разведения 2, **коэффициент разведения 12,5

В таблице 2 представлены результаты исследования влияния растворителей на концентрацию астаксантина, извлеченного из декапсулированных цист рачков *Artemiasalina*. Следует отметить, что максимальное извлечение астаксантина достигается при обработке сырья 96 % этанолом и растительным маслом. Первый растворитель можно использовать для получения сухого остатка суммы биологически активных веществ, в том числе астаксантина. Вторым растворителем – для непосредственного использования в качестве функционального продукта или ингредиента для пищевых производств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что наиболее эффективными способами декапсуляции цист *Artemiasalina* являются: обработка гипохлоритом натрия в течение 2 ч; обработка ультразвуком в течение 30 минут; гомогенизация в течение 30 минут.

Максимальная концентрация астаксантина экстракте достигается при обработке декапсулированных цист 96 % этанолом или подсолнечным маслом, что делает возможным непосредственное использование получаемого экстракта в производстве обогащенных и функциональных пищевых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масленников, П.В., Чулахина, Г.Н., Скрыпник, Л.Н. Содержание антоциановых и каротиноидных пигментов в лекарственных растениях // Вестник МГОУ. – 2013. – № 1. – С. 1–14. Doi: 10.18384/2224-0209-2013-1-793.
2. Печинский, С.В., Курегян, А.Г. Структура и биологические функции каротиноидов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2013. – № 9. – С. 4–15.
3. Курегян, А.Г. Печинский, С.В. Способ получения каротиноидов из растительного сырья // Современная медицина: актуальные вопросы : материалы XXI междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск. – 2013. – С. 94–99.
4. Seabra, L.M.J., Pedrosa, L.F.C. Astaxanthin: structural and functional aspects // Rev. Nutr. – 2010. – Т. 23. – № 6. – P. 1041–1050.
5. Самойлова, М.В. Влияние астаксантина как сильнейшего антиоксиданта на организм человека // Химико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2015. – Т. 17. – № 1. – С. 102–107.
6. Samovich, T.V., Goncharik, R.G., Pechenikina, E.I., Viazau, Ya.V., Kozel, N.V. Astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis* cells induced by nitrogen deficiency and high light intensity // Journal of the Belarusian State University. – Biology. – 2020. – V. 3. – P. 37–45. Doi: 10.33581/2521-1722-2020-3-37-45.
7. Савчик, А.В., Новик, Г.И. Каротиноидсинтезирующие дрожжевые грибы и их применение в биотехнологии (обзор литературы) // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2020. – Т. 13. – № 3 (49). – С. 70–83.
8. Курегян, А.Г., Печинский, С.В. Выделение астаксантина из панцирей креветок // Евразийский Союз Ученых (Фармацевтические науки). – 2015. – Т. 7. – № 16. – С. 98–100.

ПОЛУЧЕНИЕ АСТАКСАНТИНА ИЗ ЦИСТ РАЧКА ARTEMIA SALINA ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

9. Hasan, M.K., Rabbane, M.G. Effects of temperature and salinity on the decapsulation of Artemia cyst // Bangladesh J. Zool. – 2018. – V. 46. – Iss. 2. – P. 197–204. Doi: 10.3329/bjz.v46i.39053.

10. Gomez, Gil-RS B., Abreu-Grobois, F.A., Romero-Jarero, J., Herrera-Vega, M. Chemical Disinfection of *Artemia Nauplii* // Journal of the World Aquaculture Society. – 2007. – V. 25. – Iss. 4. – P. 579–583. Doi: 10.1111/j.1749-7345.1994.tb00829.x.

Информация об авторах

А. А. Минакова – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии Института химии и химико-фармацевтических технологий Алтайского государственного университета.

Н. Г. Базарнова – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой органической химии Института химии и химико-фармацевтических технологий Алтайского государственного университета.

Д. В. Минаков – кандидат биологических наук, доцент кафедры органической химии Института химии и химико-фармацевтических технологий Алтайского государственного университета; доцент кафедры биотехнологии Бийского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова».

И. В. Микушина – кандидат химических наук, и.о. директора Института химии и химико-фармацевтических технологий Алтайского государственного университета.

А. Е. Дубровина – студент 4-го курса Института химии и химико-фармацевтических технологий Алтайского государственного университета.

REFERENCES

1. Maslennikov, P.V., Chupakhina, G.N. & Skrypnik, L.N. (2013). The content of anthocyanin and carotenoid pigments in medicinal plants. *Vestnik MGOU*. No. 1. P. 1-14. Doi: 10.18384/2224-0209-2013-1-793. (In Russ.).

2. Pechinsky, S.V. & Kuregyan, A.G. (2013). Structure and biological functions of carotenoids. *Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. No. 9. P. 4-15. (In Russ.).

3. Kuregyan, A.G. & Pechinsky, S.V. (2013). A method for obtaining carotenoids from plant materials. *Modern medicine topical issues: Proceedings of the XXI International in absentia scientific-pract. conf.* Novosibirsk. P. 94-99. (In Russ.).

4. Seabra, L.M.J. & Pedrosa, L. (2010). Astaxanthin: structural and functional aspects. *Rev. Nutr.* 23 (6). P. 1041-1050.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 10.08.2022; одобрена после рецензирования 24.09.2022; принята к публикации 03.10.2022.

The article was received by the editorial board on 10 Aug 2022; approved after editing on 24 Sep 2022; accepted for publication on 03 Oct 2022.

POLZUNOVSKIY VESTNIK № 4, T.1 2022

5. Samoilova, M.V. (2015). Influence of astaxanthin as the strongest antioxidant on the human body. *Chemical-pharmaceutical journal "Pulse"*. 17 (1). P. 102-107. (In Russ.).

6. Samovich, T.V., Goncharik, R.G., Pechenkina, E.I., Viazau, Ya.V. & Kozel, N.V. (2020). Astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis* cells induced by nitrogen deficiency and high light intensity. *Journal of the Belarusian State University. Biology*. No. 3. P. 37-45. Doi:10.33581/2521-1722-2020-3-37-45.

7. Savchik, A.V. & Novik, G.I. (2020). Carotenoid-synthesizing yeast fungi and their application in biotechnology (literature review). *Food industry: science and technology*. 13(3). P. 70-83. (In Russ.).

8. Kuregyan, A.G., Pechinsky, S.V. (2015). Isolation of astaxanthin from shrimp shells. *Eurasian Union of Scientists (Pharmaceutical Sciences)*. 7(16). P. 98-100. (In Russ.).

9. Hasan, Md.K. & Rabbane, Md.G. (2018). Effects of temperature and salinity on the decapsulation of Artemia cyst. *Bangladesh J Zool*. 46(2). P. 197-204. Doi: 10.3329/bjz.v46i.39053.

10. Gomez, Gil-RS, B. Abreu-Grobois, F.A. Romero-Jarero, J. & Herrera-Vega, M. (2007). Chemical Disinfection of Artemia Nauplii. *Journal of the World Aquaculture Society*. 25(4). P. 579-583. Doi: 10.1111/j.1749-7345.1994.tb00829.x.

Information about the authors

A. A. Minakova - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Organic Chemistry of the Institute of Chemistry and Chemical and Pharmaceutical Technologies of the Altai State University.

N. G. Bazarnova - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Organic Chemistry of the Institute of Chemistry and Chemical and Pharmaceutical Technologies of the Altai State University.

D. V. Minakov - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Organic Chemistry of the Institute of Chemistry and Chemical and Pharmaceutical Technologies of the Altai State University; Associate Professor of the Department of Biotechnology of the Biysk Technological Institute (branch FSBEI HE "Altai State Technical University named after I.I. Polzunov").

I. V. Mikushina - Candidate of Chemical Sciences, Acting Director of the Institute of Chemistry and Chemical and Pharmaceutical Technologies of Altai State University.

A. E. Dubrovina - 4th-year student of the Institute of Chemistry and Chemical and Pharmaceutical Technologies of the Altai State University.