

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ БИЗНЕСА
INTERDISCIPLINARY RESEARCH IN THE FIELD OF BUSINESS

Оригинальная статья
Original article

УДК 577.164.2:664

DOI: 10.18413/2408-9346-2022-8-3-0-9

Кролевец А. А.¹
Мячикова Н. И.²
Биньковская О. В.³
Болтенко Ю. А.⁴

Свойства наноструктурированного витамина С
и перспективы его использования
в составе функциональных продуктов питания

¹ Лаборатория синтеза микро- и наноструктур, ЧОУ ВО «Региональный открытый социальный институт», ул. Маяковская, 85, Курск 305009, Россия
^{2,3,4} ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», ул. Победы, 85, Белгород 308015, Россия

²e-mail: myachikova@bsu.edu.ru,
ORCID: 0000-0001-7997-0605

³e-mail: binkovskaya@bsu.edu.ru,
ORCID: 0000-0002-9316-1887

⁴e-mail: boltenko@bsu.edu.ru,
ORCID: 0000-0003-2183-2263

*Статья поступила 05 июля 2022 г.; принята 25 июля 2022 г.;
опубликована 30 сентября 2022 г.*

Аннотация. Исследование проведено с целью изучения свойств наноструктурированного витамина С в различных углеводных оболочках (ксантановой камеди, альгинате натрия, каррагинане, конжак гуме, геллановой камеди) и возможности его применения как функционального ингредиента. Изучение самоорганизации наноструктурированного витамина С показало, что образование нанокапсул происходит спонтанно за счет нековалентных взаимодействий. Это свидетельствует о том, что для них характерна самосборка. Поскольку в водном растворе нанокапсул при их достаточно низкой концентрации обнаружены фрактальные композиции, они обладают самоорганизацией. Наличие фрактала указывает на возможность получения совершенно другого полимера при практически неизменном составе макромолекулы. Этот «новый полимер» будет иметь другие молекулярные характеристики и отличающуюся надсегментальную структуру. Следовательно, наноструктурированный витамин С обладает супрамолекулярными свойствами. Показано, что форма и размеры нанокапсул витамина С существенно зависят от природы оболочки. Коэффициент полидисперсности в ксантановой камеди составляет 3,40, что позволяет говорить о том, что нанокапсулы витамина С в этом случае приближаются к эллипсоидной форме, а в конжак гуме, геллановой камеди и в каррагинане этот коэффициент имеет значение, соответственно, 1,26, 1,39 и 1,48, что говорит о приближении

геометрии этих нанокapsул к шаровидной форме. При этом средний размер нанокapsул также существенно зависит от природы оболочки: наибольший средний размер (358 нм) характерен для ксантановой камеди, а наименьший средний размер (93 нм) частиц наблюдается в конжак гуме. При этом наименьший размер D_{10} (74 нм) характерен для каррагинана. Введение наноструктурированного витамина С в рецептуру мармелада и хлеба пшеничного позволяет получить готовые изделия, обладающие функциональными свойствами.

Ключевые слова: витамин С; нанокapsулы; метод НТА; самоорганизация; функциональные продукты

Для цитирования: Кролевец А. А., Мячикова Н. И., Биньковская О. В., Болтенко Ю. А. Свойства наноструктурированного витамина С и перспективы его использования в составе функциональных продуктов питания // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2022. 8 (3). С. 98-111. DOI: 10.18413/2408-9346-2022-8-3-0-9

UDC 577.164.2:664

Aleksandr A. Krolevets¹
Nina I. Myachikova²
Ol'ga V. Binkovskaya³
Yurij Alekseevich Boltenko⁴

**Properties of nanostructured vitamin C and prospects
for its use in functional food products**

¹Private Educational Institution of Higher Education "Regional Open Social Institute",
85, Mayakovskogo St., Kursk 305009, Russia
^{2,3,4}Belgorod State National Research University,
85, Pobedy St., Belgorod 308015, Russia

²e-mail: myachikova@bsu.edu.ru,
ORCID: 0000-0001-7997-0605

³e-mail: binkovskaya@bsu.edu.ru,
ORCID: 0000-0002-9316-1887

⁴e-mail: boltenko@bsu.edu.ru,
ORCID: 0000-0003-2183-2263

Abstract. The study was conducted to study the properties of nanostructured vitamin C in various carbohydrate shells (xanthan gum, sodium alginate, carrageenan, konjac gum, gellan gum) and the possibility of its use as a functional ingredient. The study of the self-organization of nanostructured vitamin C showed that the formation of nanocapsules occurs spontaneously due to non-covalent interactions. This indicates that they are characterized by self-assembly. Since fractal compositions are found in an aqueous solution of nanocapsules at a sufficiently low concentration, they have self-organization. The presence of a fractal indicates the possibility of obtaining a completely different polymer with an almost unchanged composition of the macromolecule. This "new polymer" will have different molecular characteristics and a different suprasegmental structure. Therefore, nanostructured vitamin C has supramolecular properties. It is shown that the shape and size of vitamin C nanocapsules significantly depend on the nature of the shell. The polydispersity coefficient in xanthan gum is 3.40, which suggests that the vitamin C nanocapsules in this case approach

the ellipsoid shape, and in konjac gum, gelatin gum, and carrageenan, this coefficient has a value of 1.26, 1.39, and 1.48, respectively, which indicates an approximation of the geometry of these nanocapsules in a spherical shape. At the same time, the average size of nanocapsules also significantly depends on the nature of the shell: the largest average size (358 nm) is characteristic of xanthan gum, and the smallest average size (93 nm) of particles is observed in konjac gum. At the same time, the smallest size of D10 (74 nm) is characteristic of carrageenan. The introduction of nanostructured vitamin C in the formulation of marmalade and wheat bread allows you to get ready-made products with functional properties.

Keywords: vitamin C; nanocapsules; NTA method; self-organization; functional products

For citation: Krolevets A. A. Myachikova N. I. Binkovskaya O. V., Boltenko Y. A. (2022), "Properties of nanostructured vitamin C and prospects for its use in functional food products", *Research Result. Business and Service Technologies*, 8 (3), pp. 98-111. DOI: 10.18413/2408-9346-2022-8-3-0-9

Введение (Introduction). «Трагическое следствие дефицита витамина С, именуемое цингой, человечество испытало гораздо раньше, чем узнало об этом витамине. Также довольно давно люди поняли, что цинга связана с отсутствием в питании свежей растительной пищи. ... И только после исследований шотландского врача Джеймса Линда, выявившего в 1753 г. высокие противцинготные лечебные свойства апельсинов и лимонов, постепенно начали вводить в рацион питания моряков свежие и консервированные растительные продукты» (Лифляндский, 2006; Тырсин, Кролевец, Чижик, 2012).

«Только в 1927 г. венгерский ученый Сент-Дьерди выделил из красного перца, апельсинового и капустных соков кристаллическое вещество, которое назвал гексуроновой кислотой. В 1932 г. были доказаны противцинготные свойства этой кислоты, поэтому она получила название аскорбиновой кислоты («против скорбута»: «скорбут» в переводе с латыни означает «цинга»»)» (Тырсин, Кролевец, Чижик, 2012; Nemilia, 2017).

С точки зрения химического состава «витамин С (аскорбиновая кислота) представляет собой группу соединений – производных *L*-гулоновой кислоты. Важнейшие из них: *L*-аскорбиновая кислота (γ -лактон 2,3-дегидро-*L*-гулоновой кислоты),

хорошо растворима в воде, хуже в спирте, плохо в глицерине и ацетоне; *дегидроаскорбиновая кислота* (γ -лактон 2,3-дикето-*L*-гулоновой кислоты), растворима в воде» (Тырсин, Кролевец, Чижик, 2012).

«Витамин С обладает следующими свойствами:

- в сухом виде сохраняет устойчивость при хранении в темноте;
- в водных растворах, особенно в щелочной среде, быстро окисляется обратимо до дегидроаскорбиновой кислоты и далее – необратимо – до 2,3-дикетогулоновой, а затем до щавелевых кислот;
- является восстановителем;
- с растворами щелочей образует еноляты, с катионами металлов (например, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+3}) – комплексы» (Тырсин, Кролевец, Чижик, 2012).

Витамин С является активным восстановителем, что связано с его способностью быстро окисляться при взаимодействии с активными формами кислорода. При этом он сам превращается в радикал, характеризующийся небольшой активностью. В результате прекращаются его последующие превращения, прерывается цепная реакция и ее дальнейшее разветвление.

Содержание витамина С в пищевых продуктах колеблется в значительных интервалах (рис. 1) (Тутельян, 2012). «С пи-

щей организм человека получает в основном витамин С в уже окисленной форме (чем дольше пища хранится, тем в боль-

шей степени окисляется)» (Тырсин, Кролевец, Чижик, 2012).

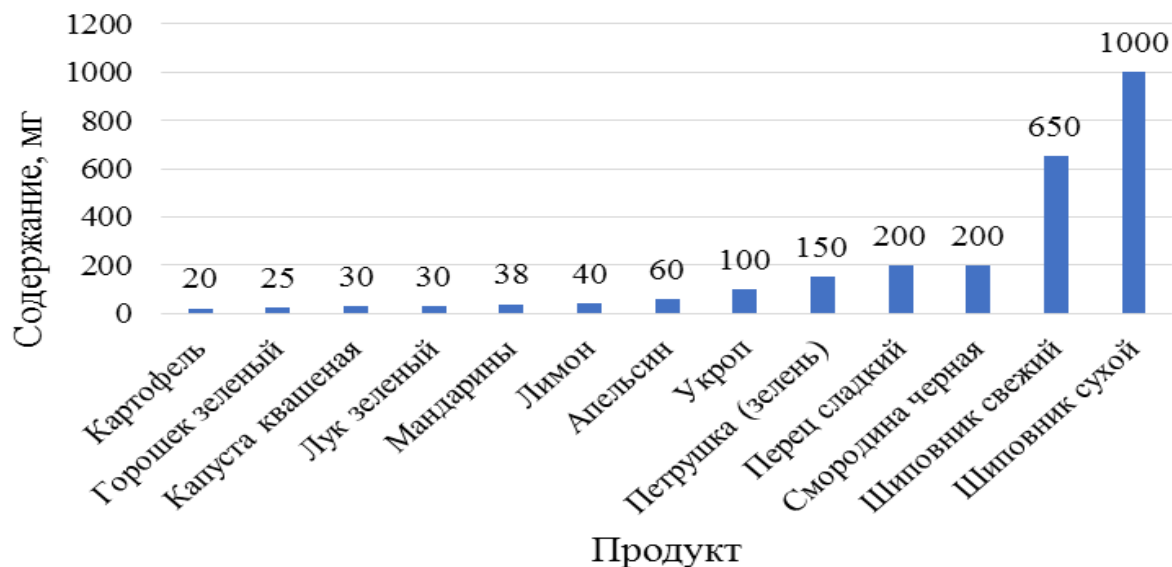


Рис. 1. Содержание витамина С в продуктах питания (Тутельян, 2012)
Fig. 1. Vitamin C content in food (Tutelyan, 2012)

Существует ряд факторов, которые оказывают различное воздействие на содержание витамина С в пищевых продуктах (рис. 2).

В организме человека витамин С проявляет свои антиоксидантные свойства, которые заключаются в предохранении от перекисного окисления организма в целом и всех жироподобных веществ, в частности.

«Витамин С является важным веществом для биосинтеза коллагена и кофактором в биосинтезе катехоламинов, L-карнитина, холестерина, аминокислот и некоторых пептидных гормонов. Недостаток витамина С вызывает цингу, патологическое состояние, приводящее к хрупкости кровеносных сосудов и повреждению со-

единительной ткани из-за сбоя в выработке коллагена и, наконец, к смерти в результате общего коллапса. Установлено влияние витамина С на нервную систему. Кроме того, установлено, что витамин С также потенциально участвует в профилактике развития рака и сердечно-сосудистых заболеваний» (Grosso, Bei, Mistretta et al., 2013). «Витамин С стимулирует деятельность центральной нервной системы и эндокринных желез, улучшает работу печени» (Обербайль, Лившиц, 2003). «Показано, что, оказывая минимальный побочный эффект, витамин С хорошо работает при различных типах болевых расстройств» (Chaitanya, Muthukrishnan, Krishnaprasad et al., 2018).

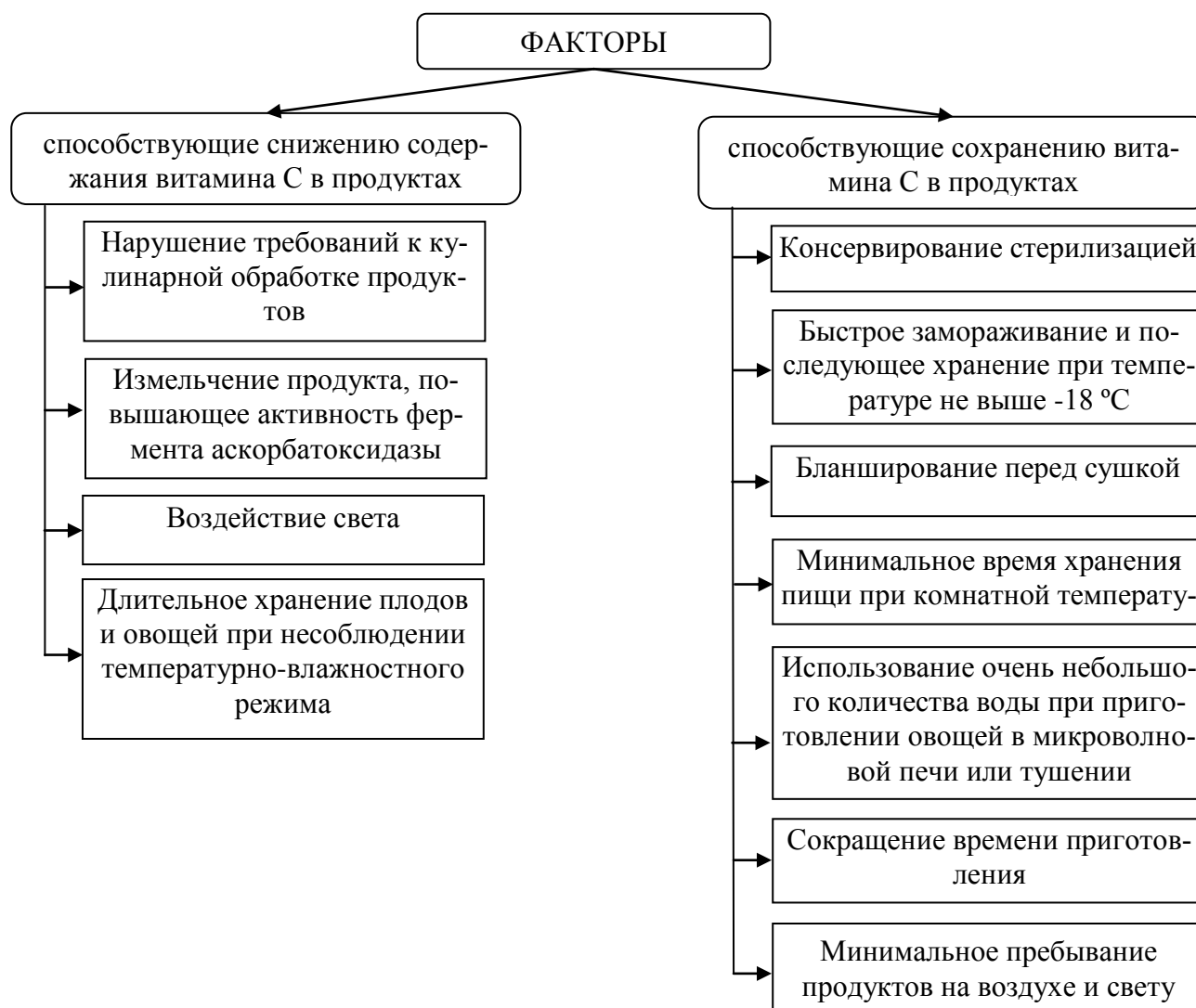


Рис. 2. Факторы, влияющие на содержание витамина С в пищевых продуктах

Fig. 2. Factors Affecting Vitamin C Content in Foods

«Потребность взрослых людей в витамине С изменяется в зависимости от возраста, пола и интенсивности труда от 70 до 108 мг/сутки. Кроме этого, потребность в данном витамине увеличивается в следующих случаях:

- при занятиях спортом – 150-200 мг;
- при беременности и кормлении – 120-150 мг;

- при простудных заболеваниях – 500-2000 мг» (Тырсин, Кролевец, Чижик, 2012).

Уровень содержания витамина С в крови обычно недостаточен у людей, страдающих астмой. Недостаточность витамина С в организме может быть обусловлена различными причинами (рис. 3).



Рис. 3. Причины недостаточности витамина С в организме
Fig. 3. Causes of vitamin C deficiency in the body

С учетом свойств в соответствии с ГОСТ Р 54059-2010 (ГОСТ Р 54059-2010) витамин С относится к функциональным пищевым ингредиентам, который в организме выполняет следующие функции:

- влияет на метаболизм углеводов, поддерживая уровень глюкозы в крови;
- «оказывает антиоксидантное действие через сохранение структуры и функциональной активности ДНК, антиоксидантной защиты полиненасыщенных жирных кислот в мембранных липидах, сохранение структуры и функциональной активности белков» (ГОСТ Р 54059-2010);
- «поддерживает функции сердечно-сосудистой системы через антиоксидантную защиту липидов клеточных мембран и липопротеидов» (ГОСТ Р 54059-2010);
- «снижает риск развития остеопороза, обеспечивая синтез соединительной ткани, образующей каркас кости» (ГОСТ Р 54059-2010);
- оказывает «иммунокорректирующее действие путем обеспечения систем-

ного иммуномодулирующего действия, антиоксидантной защиты и обеспечения структурной и функциональной целостности мембран клеток иммунной системы» (ГОСТ Р 54059-2010).

Антиоксидантные свойства витамина С нашли применение в пищевой промышленности, где его используют как пищевую добавку Е300 для увеличения сроков хранения таких пищевых продуктов, как жиры, напитки и фруктовые соки; с целью предотвращения образования канцерогенных нитрозаминов из нитритов в мясных и колбасных изделиях; для витаминизации молока и молочных продуктов. Также Е300 широко применяется в хлебопечении в качестве разрыхлителя теста. Практически это приводит к улучшению качества и увеличению объема выпекаемого хлеба, повышению эластичности и рыхлости теста. Более того, срок хранения хлеба увеличивается, поскольку мука с добавкой аскорбиновой кислоты по своим пекарским характеристикам приближается к му-

ке высшего сорта. Во многих странах это единственный разрыхлитель, использование которого разрешено. В процессе приготовления теста аскорбиновая кислота превращается в стабильную дегидроаскорбиновую кислоту (Матвеева, Корячкина, 2012; Ремнев и др., 2019).

Цель исследований (The aim of the work). Целью исследований является изучение свойств наноструктурированного витамина С в различных углеводных оболочках и возможность его применения как функционального ингредиента.

Задачи исследования:

- определить формы самоорганизации наноструктурированного витамина С;
- установить размеры нанокапсул витамина С в зависимости от вида углеводной оболочки;
- приготовить образцы мармелада и хлеба с использованием наноструктурированного витамина С в качестве функциональной добавки и определить их показатели качества на соответствие требованиям ГОСТ.

Материалы и методы исследования (Materials and methods). В качестве материалов исследования были использованы:

- нанокапсулы витамина С в различных углеводных оболочках: ксантановой камеди, альгинате натрия, каррагинане, конжак гуме, желатиновой камеди;
- образцы мармелада и хлеба, приготовленные с использованием наноструктурированного витамина С.

Исследование самоорганизации наноструктурированного витамина С проводили с использованием микроскопа «Микромед 3» (вар. 3-20), позволяющего получить микрофотографии с самоорганизацией. Исследованию подвергали высушенную поверхность, которую получали путем растворения порошка наноструктурированного витамина С в воде с последующим нанесением на предметное стекло и выпариванием.

При измерении размеров наноструктурированного витамина С его предвари-

тельно разводили водой в соотношении 1 : 100. «Для измерения размеров использовали мультипараметрический анализатор наночастиц Nanosight LM10 производства Nanosight Ltd (Великобритания) в конфигурации HS-BF (высококочувствительная видеокамера Andor Luca, полупроводниковый лазер с длиной волны 405 нм и мощностью 45 мВт). Работа прибора основана на методе анализа траекторий наночастиц (Nanoparticle Tracking Analysis, NTA), описанном в ASTM E2834. Были выбраны следующие параметры прибора:

- Camera Level = 16, Detection Threshold = 10 (multi), Min Track Length: Auto, Min Expected Size: Auto;
- длительность единичного измерения – 215 с;
- использование шприцевого насоса» (Кролевец и др., 2018).

При оценке органолептических показателей качества руководствовались требованиями действующих стандартов:

- для мармелада – ГОСТ 6442-2014 (ГОСТ 6442-2014),
- для хлеба – ГОСТ Р 58233-2018 (ГОСТ Р 58233-2018).

Результаты исследования и их обсуждение (Results and discussion). Как видно из рис. 4, образование нанокапсул происходит спонтанно за счет нековалентных взаимодействий. Это свидетельствует о том, что для них характерна самосборка. Поскольку в водном растворе нанокапсул при их достаточно низкой концентрации обнаружены фрактальные композиции, они обладают самоорганизацией.

На рис. 4 представлены «самоподобные объекты, инвариантные относительно локальных дилатаций, т.е. фракталы. Известно, что фракталы являются естественным заполнением множеств между известными евклидовыми объектами с целочисленными размерностями. Наличие фрактала указывает на возможность получения совершенно другого полимера при практически неизменном составе макромолекулы. Этот «новый полимер» будет иметь другие молекулярные характеристики и отлича-

ющуюся надсегментальную структуру» (Кролевец и др., 2018). Следовательно,

наноструктурированный витамин С обладает супрамолекулярными свойствами.

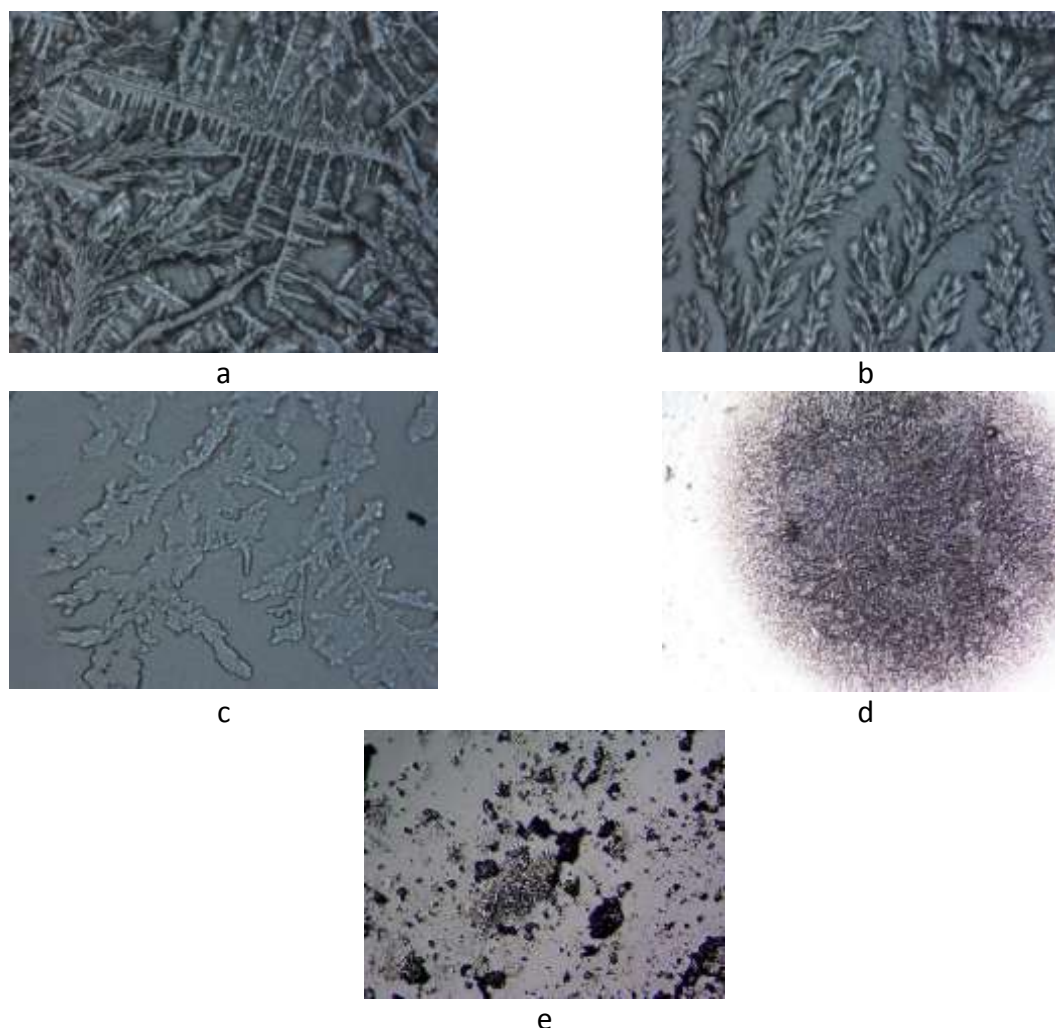


Рис. 4. Изображение под микроскопом самоорганизации наноструктурированного витамина С (увеличение в 400 раз; соотношение ядро : оболочка 1 : 3): а) в ксантановой камеди, концентрация 0,5 %; б) в ксантановой камеди, концентрация 0,25 %; в) в ксантановой камеди, концентрация 0,125 %; д) в альгинате натрия, концентрация 0,125 %; е) в каррагинане, концентрация 0,25 %

Fig. 4. Microscope image of self-organization of nanostructured vitamin C (400 times magnification; core : shell ratio 1 : 3): a) in xanthan gum, concentration 0.5 %; b) in xanthan gum, concentration 0.25 %; c) in xanthan gum, concentration 0.125 %; d) in sodium alginate, concentration 0.125 %; e) in carrageenan, concentration 0.25 %

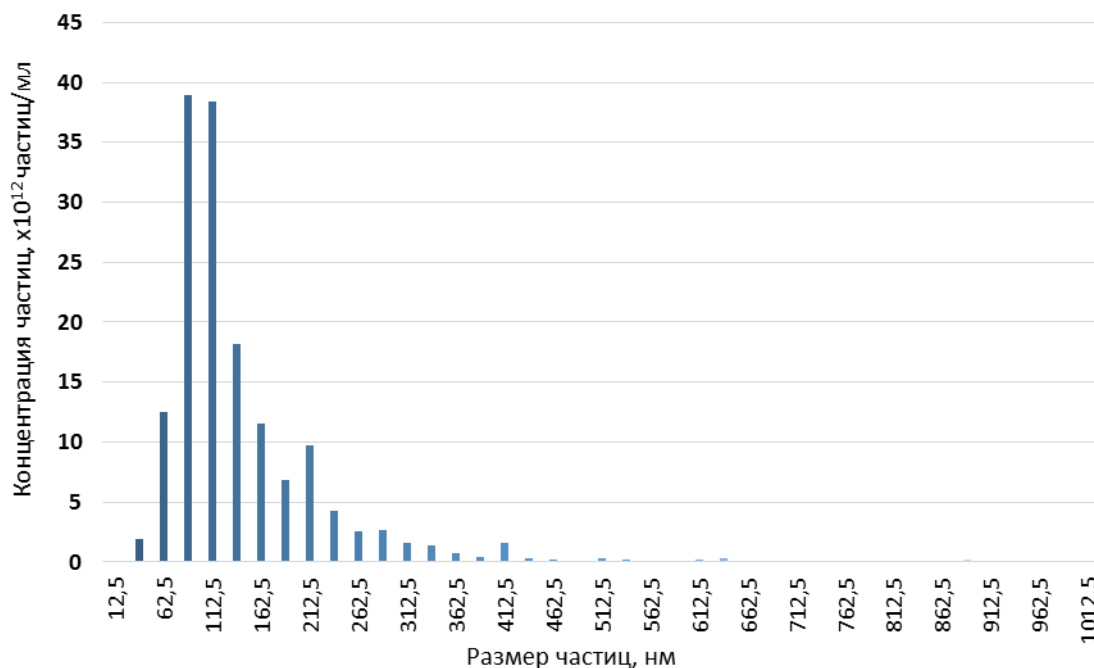
«Самосборка» включает любые виды спонтанного связывания компонентов с использованием как ковалентного, так и нековалентного взаимодействий. Самоорганизация включает взаимодействие систем, способных к спонтанному возникновению порядка в пространстве и/или во времени, пространственный (структурный)

и временной (динамический) порядок как в равновесных, так и в неравновесных диссипативных структурах, затрагивает только нековалентный, супрамолекулярный уровень, приводит к образованию полимолекулярных ансамблей за счет специфически взаимодействующих актов распознавания молекулярными компонентами друг

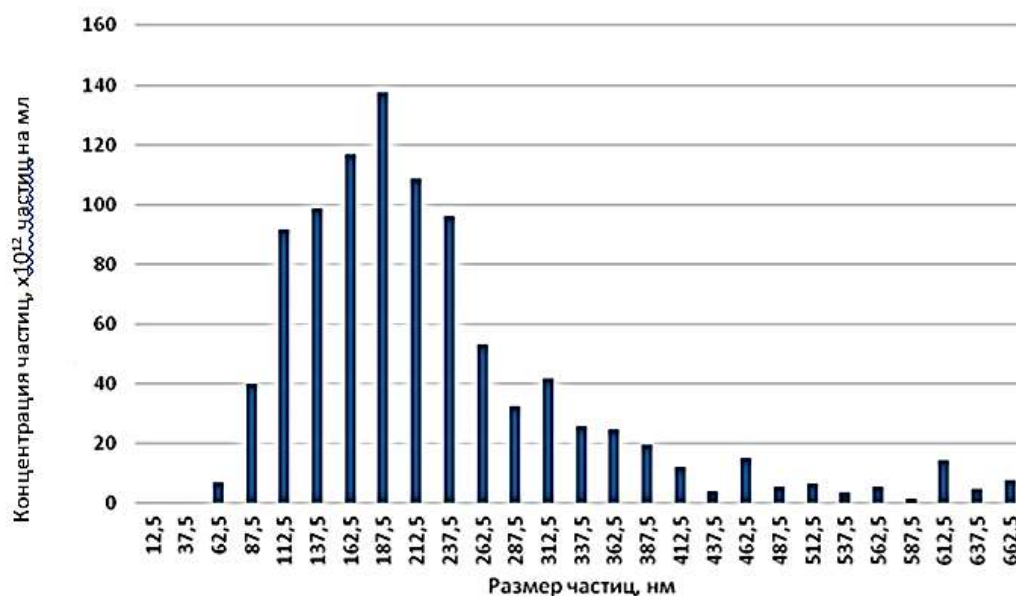
друга. Чем выше степень и размерность пространственной организации фрагментов, тем с большим основанием их можно рассматривать как организованные (молекулярные слои, мембраны, мицеллы, коллоиды, жидкие кристаллы, молекулярные кристаллы). Таким образом, самоорганизация включает согласованное взаимодействие между частями и интеграцию этих

взаимодействий, обуславливающие коллективное поведение системы (наблюдаемое, например, при фазовых переходах или при возникновении пространственных и временных волн).

На рис. 5 представлены результаты измерения размеров нанокapsул витамина С в различных оболочках.



а



б

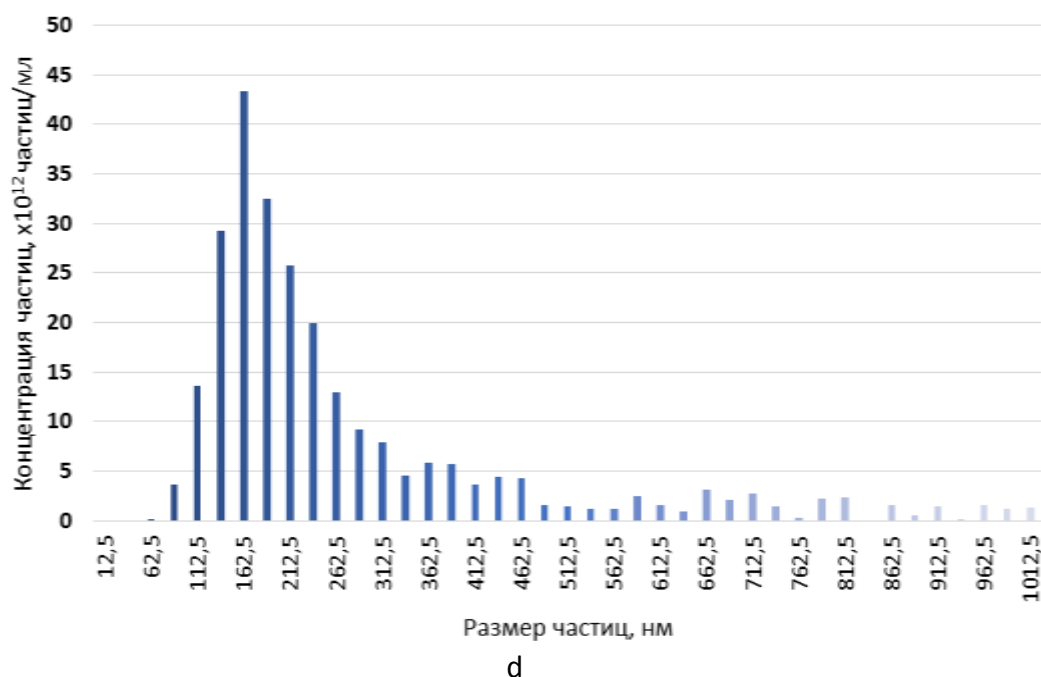
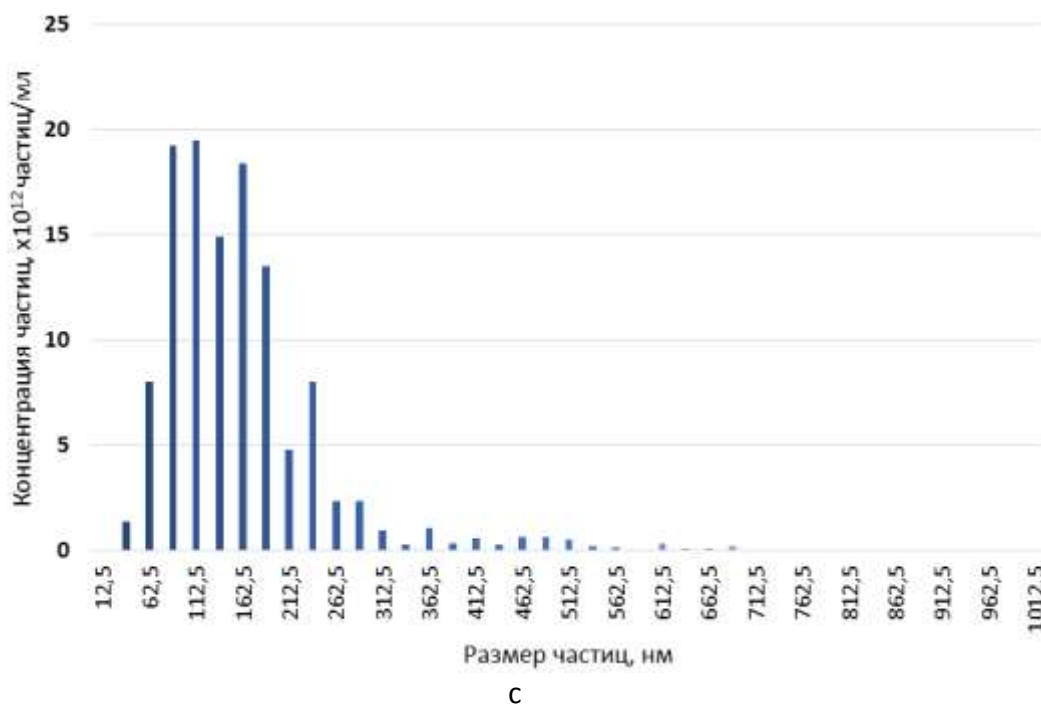


Рис. 5. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул витамина С:
а) в каррагинане (соотношение ядро : оболочка 1 : 3),
б) в желатиновой камеди (соотношение ядро : оболочка 1 : 3),
с) в конжак гуме (соотношение ядро : оболочка 1 : 3),
д) в ксантановой камеди (соотношение ядро : оболочка 1 : 3)

Fig. 5. Particle size distribution in a sample of vitamin C nanocapsules:
a) in carrageenan (core : shell ratio 1:3), b) in gellan gum (core : shell ratio 1:3),
c) in konjac (core : shell ratio 1:3), d) in xanthan gum (core : shell ratio 1:3)

Статистические характеристики распределений приведены в таблице.

Таблица

Статистические характеристики распределения частиц по размерам в образцах нанокapsул витамина С в различных оболочках (соотношение ядро : оболочка 1: 3)

Table

Statistical characteristics of particle size distribution in samples of vitamin C nanocapsules in different shells (core : shell ratio 1:3)

Параметр	Оболочка			
	конжак гум	ксантановая камедь	каррагинан	геллановая камедь
Средний размер, нм	93	358	113	238
D10, нм	78	134	74	115
D50, нм	142	216	114	200
D90, нм	257	869	239	393
Коэффициент полидисперсности, (D90 - D10)/D50	1,26	3,40	1,48	1,39
Общая концентрация частиц, $\times 10^{12}$ частиц/мл	1,19	2,80	1,56	9,85

Как видно из табл. 1, коэффициент полидисперсности в ксантановой камеди составляет 3,40, что позволяет говорить о том, что нанокapsулы витамина С в этом случае приближаются к эллипсоидной форме, а в конжак гуме, геллановой камеди и в каррагинане этот коэффициент имеет значение, соответственно, 1,26, 1,39 и 1,48, что говорит о приближении геометрии этих нанокapsул к шаровидной форме. При этом средний размер нанокapsул существенно зависит от природы оболочки и находится в пределах 93-358 нм.

Проведенные в лаборатории синтеза микро- и наноструктур предварительные исследования по изучению влияния высоких температур на наноструктурированный препарат «Ветом 1.1», действующим началом которого являются бактерии *Bacillus subtilis* ВКПМ 7092, показали, что наноструктурированные формы этого препарата в углеводных оболочках из альгината натрия и каррагинана выдерживают температуру до + 180 °С в течение 20 минут. Таким образом, можно предположить (а в дальнейшем провести исследования), что наноструктурированный витамин С

будет обладать большей термоустойчивостью по сравнению с его обычной формой.

Полученные образцы наноструктурированного витамина С могут быть использованы в качестве функциональной добавки в составе продуктов питания. Были проведены исследования по его введению в рецептуру мармелада и хлеба пшеничного.

Приготовление мармелада осуществляли по традиционной технологии, вводя на последнем этапе приготовления рецептурной смеси наноструктурированный витамин С. Оценка органолептических показателей показала, что мармелад соответствует требованиям ГОСТ 6442-2014 «Мармелад. Общие технические условия» (ГОСТ 6442-2014).

При приготовлении хлеба наноструктурированный витамин С предварительно смешивали с небольшим количеством муки и затем вводили в остальную муку. Готовый хлеб по органолептическим и физико-химическим показателям соответствовал требованиям ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из пшеничной муки. Общие технические условия» (ГОСТ Р 58233-2018).

Заключение (Conclusions). Таким образом, полученные данные доказывают наличие в растворах изучаемых образцов витамина С нанокапсул, образование которых происходит спонтанно за счет нековалентных взаимодействий. Это свидетельствует о том, что для них характерна самосборка. Поскольку в водном растворе нанокапсул при их достаточно низкой концентрации обнаружены фрактальные композиции, они обладают самоорганизацией. Наличие фрактала указывает на возможность получения совершенно другого полимера при практически неизменном составе макромолекулы. Этот «новый полимер» будет иметь другие молекулярные характеристики и отличающуюся надсегментальную структуру. Следовательно, наноструктурированный витамин С обладает супрамолекулярными свойствами. При этом следует отметить влияние на размер нанокапсул природы оболочки: наибольший средний размер (358 нм) характерен для ксантановой камеди, а наименьший средний размер (93 нм) частиц наблюдается в конжак гуме.

Введение наноструктурированного витамина С в рецептуру мармелада и хлеба пшеничного позволило получить готовые изделия, обладающие функциональными свойствами и характеризующиеся показателями, которые соответствуют требованиям ГОСТ. Полученные образцы мармелада и хлеба пшеничного по органолептическим показателям не отличаются от традиционных образцов, что важно для потребителей, которые предпочитают полезные продукты, но не готовы жертвовать вкусом. Отличие полученных образцов заключается в том, что они обогащены витамином С, что позволяет рассматривать их как функциональные продукты.

Информация о конфликте интересов: авторы не имеют конфликта интересов для декларации.

Conflicts of Interest: the authors have no conflicts of interest to declare.

Список литературы

ГОСТ Р 54059-2010. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. М.: Стандартинформ, 2019. 7 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200085998> (дата обращения: 31.03.2022).

ГОСТ Р 58233-2018. Хлеб из пшеничной муки. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200160973> (дата обращения: 31.03.2022).

ГОСТ 6442-2014. Мармелад. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 5 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200114235> (дата обращения: 31.03.2022).

Лифляндский В. Г. Витамины и минералы. От А до Я. СПб.: Нева, 2006. – 640 с.

Матвеева Т.В., Корячкина С.Я. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных и кондитерских изделий. Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. – 947 с.

Наноструктурированные экстракты зеленого чая и их свойства / Кролевец А. А., Мячикова Н.И., Думачева Е.В., Зиновьева И.Г., Андреенков В.С., Семенюк С.П. // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2018. 4 (1). С. 3-14. DOI: 10.18413/2408-9346-2018-4-1-3-14. URL: <http://trbusiness.ru/journal/issue/1-15-2018/>.

Обербайль К., Лившиц И. А. Витамины-целители. Минск: PARADOX, 2003. – 446 с.

Пищевые и биологически активные добавки / А. И. Ремнев [и др.] СПб.: Троицкий мост, 2019. – 160 с.

Тутельян В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник. М.: ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.

Тырсин Ю. А., Кролевец А. А., Чижик А. С. Витамины и витаминоподобные вещества. М.: ДеЛи плюс, 2012. – 203 с.

An insight and update on the analgesic properties of vitamin C / Chaitanya N. CSK, Muthukrishnan A., Krishnaprasad CMS, et al. // J. of Pharmacy And Bioallied Sciences. 2018. Vol. 10. Is. 3. Pp. 119-125. URL: <https://www.jpbonline.org/article.asp?issn=0975-7406;year=2018;volume=10;issue=3;page=119;page=125;aulast=Chaitanya> (дата обращения 31.03.2022).

Effects of vitamin C on health: A review of evidence / G. Grosso, R. Bei, A. Mistretta, et al. //

Frontiers in Bioscience. 2013. Vol. 18. No. 3. Pp. 1017-1029. doi:10.2741/4160. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23747864/> (дата обращения 31.03.2022).

Hemilia H. Vitamin C and Infections // *Nutrients*. 2017. Vol. 9. No. 4. P. 339. doi: 10.3390/nu9040339. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28353648/> (дата обращения 31.03.2022).

References

Chaitanya, N., Muthukrishnan, A., Krishnaprasad, C. et al. (2018), "An insight and update on the analgesic properties of vitamin C", *J. of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 10 (3), pp. 119-125, [Online], available at: <https://www.jpbonline.org/article.asp?issn=0975-7406;year=2018;volume=10;issue=3;spage=119;epage=125;aulast=Chaitanya> (Accessed 31.03.2022).

GOST 6442-2014, *Marmelad. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Marmalade. General specifications], Moscow: Standartinform, 2019, 5 p., [Online], available at <https://docs.cntd.ru/document/1200114235> (Accessed 31.03.2022), Russian.

GOST R 54059-2010. *Ingredienty pishchevye funktsional'nye. Klassifikatsiya i obshchie trebovaniya* [Functional foods. Functional food ingredients. Classification and general requirements], Moscow, Standartinform, 2019, 7 p., [Online], available at <https://docs.cntd.ru/document/1200085998> (Accessed 31.03.2022), Russian.

GOST R 58233-2018. *Khleb iz pshenichnoi muki. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Wheat bread. Specifications], Moscow, Standartinform, 2019, 14 p., [Online], available at <https://docs.cntd.ru/document/1200160973> (Accessed 31.03.2022), Russian.

Grosso, G., Bei, R., Mistretta, A. et al. (2013), "Effects of vitamin C on health: A review of evidence", *Frontiers in Bioscience*, 18 (3), pp. 1017-1029, doi:10.2741/4160, [Online], available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23747864/> (Accessed 31.03.2022).

Hemilia, H. (2017), "Vitamin C and Infections", *Nutrients*, 9 (4), p. 339, doi: 10.3390/nu9040339, [Online], available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28353648/> (Accessed 31.03.2022).

Krolevec, A. A., Myachikova, N.I., Dumacheva, E.V., Zinov'eva, I.G., Andreenkov, V.S. and Semenyuk, S.P. (2018), "Nanostructured green tea extracts and their properties", *Scientific Result. Business and Service Technologies* [Electronic], 4 (1), pp. 3-14, [Online], available at <http://rrbusiness.ru/journal/issue/1-15-2018/> (Accessed 31.03.2022), Russian.

Liflyandskii, V. G. (2006), *Vitaminy i mineraly. Ot A do Ya* [Vitamins and minerals. From A to Z], Neva, Saint-Petersburg, Russia.

Matveeva, T. V. and Koryachkina, S. YA. (2012), *Fiziologicheski funktsional'nye pishchevye ingredienty dlya hlebobulochnyh i konditerskih izdelij* [Physiologically functional food ingredients for bakery and confectionery products], FGBOU VPO "Gosuniversitet – UNPK", Orel, Russia.

Oberbail', K. and Livshits, I. A. (2003) *Vitaminy-tseliteli* [Vitamins-healers], PARADOX, Minsk, Russia.

Remnev, A. I., Myachikova, N. I., Bin'kovskaya, O. V. et al. (2019), *Pishchevye i biologicheski aktivnye dobavki* [Food and dietary supplements], Troitskii most, Saint-Petersburg, Russia.

Tutel'yan, V. A. (2012), *Khimicheskii sostav i kaloriinost' rossiiskikh produktov pitaniya: spravochnik* [Chemical composition and caloric content of Russian food products: reference book], DeLi plyus, Moscow, Russia.

Tyrsin, Yu. A., Krolevets, A. A. and Chizhik, A. S. (2012), *Vitaminy i vitaminopodobnye veshchestva* [Vitamins and vitamin-like creatures], DeLi plyus, Moscow, Russia.

Данные об авторах

Кролевец Александр Александрович, доктор химических наук, академик РАЕН, заведующий лабораторией синтеза микро- и наноструктур

Мячикова Нина Ивановна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой технологии продуктов питания

Биньковская Ольга Викторовна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания

Болтенко Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания

Information about the authors

Aleksandr A. Krolevets, Doctor of Chemical Sciences, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Laboratory for the Synthesis of Micro- and Nanostructures, Private Educational Institution of Higher Education "Regional Open Social Institute"

Nina I. Myachikova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Technology

Ol'ga V. Binkovskay, Candidate of Sciences in Biology, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology

Yurij A. Boltenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology

Статья рекомендована к опубликованию Оргкомитетом IV Международного симпозиума Innovations in Life Sciences, 2022, Белгород, РФ.