



Научная статья

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

УДК: 167.1

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.012

## МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ С ВЫСОКОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Лариса Александровна Маюрникова<sup>1</sup>, Елена Сергеевна Бычкова<sup>2</sup>,  
Игорь Олегович Ломовский<sup>3</sup>, Даяна Александровна Белякова<sup>4</sup>,  
Алексей Леонидович Бычков<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>2, 4, 5</sup> Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

<sup>3, 4, 5</sup> Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>1</sup> nir30@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4592-8382>

<sup>2</sup> bychkova.nstu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4830-6298>

<sup>3</sup> lomovsky@solid.nsc.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8269-033X>

<sup>4</sup> belyakovadayana@gmail.com

<sup>5</sup> bychkov.a.l@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8951-5005>

**Аннотация.** Регулярное воздействие на организм неблагоприятных факторов окружающей среды является основной причиной накопления свободных радикалов, повреждающих клетки и провоцирующих развитие неинфекционных заболеваний (онкологических, сердечно-сосудистых и других). Своевременными являются разработка и оценка качества пищевых продуктов высокой антиоксидантной активности (АОА). Для получения эффективного результата важен системный последовательный подход к конструированию нового продукта. На начальном этапе целесообразным является проработка методологии формирования качества функционального пищевого продукта с высокой АОА. В статье представлены основные принципы разработки пищевых продуктов в составе с антиоксидантами и предложен алгоритм их формирования. Существует многообразие способов извлечения антиоксидантов из растительного сырья. При выборе оптимальной технологии получения веществ-антиоксидантов следует руководствоваться наиболее эффективными научно обоснованными способами, раскрывающими весь потенциал исходных компонентов. Для производства биологически активной добавки (БАД) высокой АОА выбраны технологии микрокапсулирования и механохимической активации. В статье приведены алгоритмы разработки пищевой добавки высокой АОА по выбранным технологическим решениям. Для реализации способа получения пищевого продукта с высокой АОА также необходимо научное обоснование направления выбора пищевых продуктов и продукции общественного питания для обогащения. Минимальная тепловая обработка или ее отсутствие, наличие в составе горьких, вязких, терпких пищевых продуктов, непродолжительные сроки хранения и лояльные условия реализации обеспечивают более высокие показатели антиоксидантной активности и биодоступности фенольных компонентов в готовом пищевом продукте. Разработанные принципы, алгоритмы и механизмы разработки пищевого продукта с антиоксидантами обеспечивают комплексный подход к разработке, позволяют систематизировать знания и гарантируют высокий уровень продуктивности новой разработки.

**Ключевые слова:** методология формирования качества, антиоксидантная активность, механизмы и алгоритмы формирования растительное сырье, механохимическая активация, микрокапсулирование, функциональные продукты питания, биологически активная добавка.

**Для цитирования:** Методология разработки продуктов питания с высокой антиоксидантной активностью / Л. А. Маюрникова [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 4. С. 90–95. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.012.

Original article

## METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS WITH HIGH ANTHIOXIDANT ACTIVITY

Larisa A. Mayurnikova <sup>1</sup>, Elena S. Bychkova <sup>2</sup>, Igor O. Lomovsky <sup>3</sup>,  
Dayna A. Belykova <sup>4</sup>, Aleksey L. Bychkov <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>2, 4, 5</sup> Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

<sup>3, 4, 5</sup> Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>1</sup> nir30@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4592-8382>

<sup>2</sup> bychkova.nstu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4830-6298>

<sup>3</sup> lomovsky@solid.nsc.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8269-033X>

<sup>4</sup> belyakovadayana@gmail.com

<sup>5</sup> bychkov.a.l@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8951-5005>

**Abstract.** Regular exposure to adverse environmental factors on the body is the main cause of the accumulation of free radicals that damage cells and provoke the development of non-infectious diseases (oncological, cardiovascular and others). The development and evaluation of the quality of food products with high antioxidant activity (AOA) is appropriate. In order to obtain an effective result, a systematic sequential approach to the design of a new product is important. At the initial stage, it is advisable to study the methodology for the formation of the quality of a functional food product with a high AOA. The article presents the basic principles of the development of food products in the composition with antioxidants and suggests an algorithm for their formation. There is a variety of ways to extract antioxidants from plant raw materials. When choosing the optimal technology for obtaining antioxidant substances, one should be guided by the most effective scientifically based methods that reveal the full potential of the initial components. Microencapsulation and mechanochemical activation technologies have been selected for the production of biologically active additives (dietary supplements) of high AOA. The article presents algorithms for the development of a high-quality food additive according to selected technological solutions. In order to implement a method for obtaining a food product with a high AOA, it is also necessary to provide a scientific justification for the direction of the choice of food products and public food products for enrichment. Minimal heat treatment or its absence, the presence of bitter, viscous, tart foods in the composition, short shelf life and favorable conditions of sale provide higher indicators of antioxidant activity and bioavailability of phenolic components in the finished food product. The developed principles, algorithms and mechanisms for the development of a food product with antioxidants provide an integrated approach to development, allow us to systematize knowledge and guarantee a high level of productivity of a new development.

**Keywords:** methodology of quality formation, antioxidant activity, mechanisms and algorithms for the formation of plant raw materials, mechanochemical activation, microencapsulation, functional food products, biologically active additive.

**For citation:** Mayurnikova, L. A., Bychkova, E. S., Lomovsky, I. O., Belykova, D. A. & Bychkov, A. L. (2021). Methodology for the development of foods with high antioxidant activity. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 90-95. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.012.

### ВВЕДЕНИЕ

Стратегия научно-технологического развития России определила спектр первоочередных проблем (именуемых «большими вызовами»), на решение которых направлены стратегические инициативы ведущих научных коллективов. В соответствии с Указом Президента РФ от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Рос-

сийской Федерации» и Национальным проектом «Демография» важной является проблема повышения качества и продолжительности жизни населения.

Рост антропогенных нагрузок на окружающую среду провоцирует накопление эндогенных кислородных радикалов в организме человека. Избыточное образование свободных форм азота и кислорода подавляет естественную клеточную антиоксидантную

защиту, способствуя функциональному нарушению систем организма. Каждая клетка способна уничтожать избыток свободных радикалов, для чего в организме функционируют специальные ферментные системы. Но в современных экологически сложных условиях ферменты не всегда могут справляться с избытком окислителей. Поэтому важно формировать внешнюю составляющую антиоксидантной системы – антиоксиданты, получаемые извне с пищей. Это делает актуальным расширение ассортимента пищевых продуктов, обогащенных антиоксидантами. Известен достаточно широкий спектр химических веществ с антиоксидантной активностью, в том числе полифенолы. Многообразие форм полифенольных компонентов растительного сырья, возможные комплексообразования с другими химическими веществами, нестабильность при технологической переработке, разный уровень биодоступности, диапазон вкусовых свойств, оказывающих влияние на органолептические свойства готового продукта, вызывают необходимость разработки методологии, направленной на обобщение и систематизацию имеющихся знаний, и разработки механизма создания продуктов питания с высокой антиоксидантной активностью (АОА).

В качестве методов исследования применяли анализ, синтез, обобщение и систематизацию.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Методология разработки пищевых продуктов с высокой антиоксидантной активностью включает в себя совокупность принципов, алгоритм и механизм реализации методологических подходов.

1. **Принцип безопасности.** Для соблюдения принципа безопасности при разработке пищевых продуктов с АОА путем добавления разработанных БАД необходимо руководствоваться рекомендуемыми уровнями содержания БАВ с АОА, в соответствии с нормативной документацией (НД) [1].

Нормы внесения антиоксидантов в пищевой продукт должны иметь научное подтверждение с учетом потерь в ходе технологического процесса и конечного регламентируемого содержания. При применении технологии экстрагирования в ходе выделения антиоксидантов из растительного сырья рекомендуется применять безопасные методы и экстрагенты, разрешенные установленными нормативными документами для пищевых целей.

2. **Принцип натуральности.** Антиоксиданты делят по происхождению на натуральные и полученные химическим путем [2]. В соответствии с НД для пищевых целей можно использовать и те, и другие. Синтетические антиоксиданты однотипны между собой по механизму ингибирования, неустойчивы к воздействию высоких температур и активных ингредиентов среды продукта, токсичны при невысокой эффективности действия [3]. Целесообразно отдавать предпочтение природным антиоксидантам.

3. **Принцип совместимости.** Заключается в способности сырья и разработанных БАД с высокой АОА к совместному применению без утраты биодоступности. Включение БАД в пищевой продукт не должны ухудшать его потребительские свойства.

4. **Принцип доступности.** Сущность принципа заключается в двуединстве: доступности продуктов питания, обогащенных БАД с АОА для потребителя на рынке и биодоступности БАВ антиоксидантного ряда в организме человека. Доступность обогащенных пищевых продуктов для потребителя формируется на основе ценовой составляющей потребительских свойств продукта, обусловленной возможностью снижения себестоимости на этапах аппаратного оформления технологии экстрагирования и сушки сырья. Биоактивность антиоксидантов для человека зависит от химической структуры веществ-антиоксидантов и их комбинации в продукте, методов технологической обработки, физиологического состояния организма (активности ферментов, времени прохождения через кишечник, микрофлоры толстой кишки, пола, генетического профиля).

5. **Принцип эффективности.** Заключается в подтверждении профилактической результативности включения в рацион продуктов питания, обогащенных БАД с АОА с установленным регламентируемым содержанием при проведении доклинических исследований.

6. **Принцип научной обоснованности.** Принцип базируется на известности механизма окислительного стресса организма человека, при воздействии на него негативных факторов внешней среды и научной обоснованности разработки системы создания пищевых продуктов с высокой АОА.

7. **Принцип стабильности.** Стабильность антиоксидантов предполагает выбор растительного сырья для производства БАД с высоким содержанием антиоксидантов и внесение компонентов, обладающих АОА и выполняющих функцию стабилизатора.

## МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ С ВЫСОКОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

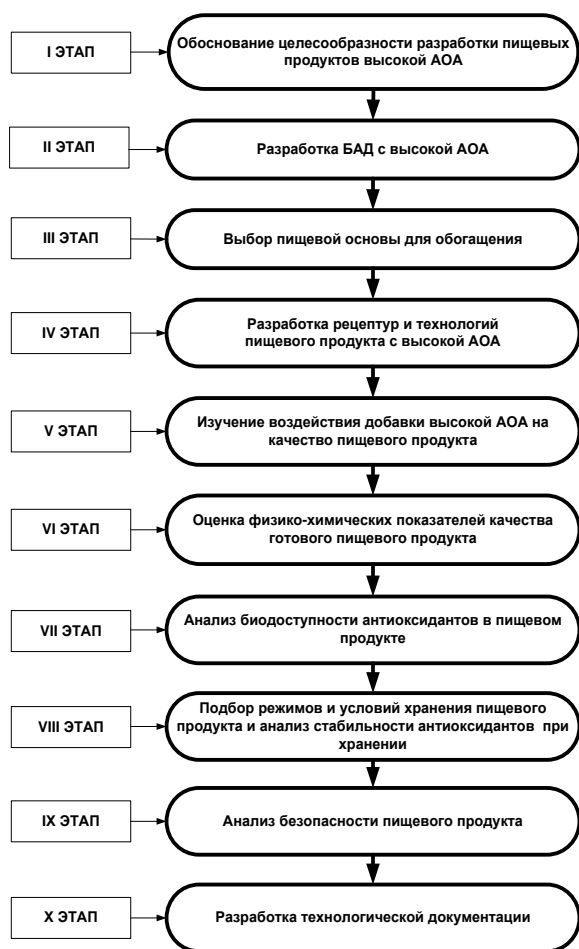


Рисунок 1 – Алгоритм разработки пищевых продуктов с высокой АОА

Figure 1 - Algorithm for the development of food products with high antioxidant activity

На рисунке 1 представлен алгоритм разработки пищевых продуктов с высокой антиоксидантной активностью, разработанный с учетом предлагаемых принципов. Алгоритм представляет собой описание этапов, из которых первые три являются общими подходами с исходным множеством выбора решений. Направления исследований на последующих этапах зависят от граничных условий, сформулированных на основе результатов выбора предыдущих.

Так как технология разработки пищевых продуктов с высокой антиоксидантной активностью включает разработку БАД с последующим ее применением для обогащения продуктов массового потребления, проводили исследования особенностей и потенциальных возможностей применения разных способов ее получения: микрокапсулирования и механохимической активации.

На этапе разработки БАД необходимо

обосновать выбор основных сырьевых компонентов. Как правило, отдают предпочтение более доступному местному сырью. При этом необходимо учитывать физико-химический состав базовых пищевых компонентов, принимая во внимание их антиоксидантную активность и наличие веществ, способствующих стабилизации и усилению биодоступности антиоксидантов.

При выборе оптимальной технологии извлечения антиоксидантов следует руководствоваться наиболее эффективными научно обоснованными способами, раскрывающими потенциал растительного сырья. На основе анализа научно-технической литературы для производства добавки высокой АОА выбраны две технологии: микрокапсулирование и механохимическая активация. Технология микрокапсулирования способствует наиболее полной реализации защитного механизма антиоксидантов и сохранению их биологической активности [4]. На рисунке 2 представлен поэтапный алгоритм разработки и практической реализации рассматриваемой технологии.

Важным моментом при выборе технологических решений является выбор материала ядра и материала стенки [5]. Материалом ядра является экстракт, содержащий высокое количество АО. В качестве материала стенки выступают чаще всего гидроколлоиды, способные при взаимодействии с антиоксидантами образовать стабильный комплекс для защиты активного компонента от факторов окружающей среды, блокировки его вкуса и запаха и сохранению биодоступности.

Учитывая многообразие существующих методов микрокапсулирования, анализируя их достоинства и недостатки, экономическую целесообразность и доступность, необходимо подобрать оптимально подходящий метод технологического решения. По анализу изменения количества антиоксидантов и сохранности образовавшегося комплекса в зависимости от факторов окружающей среды проводится оценка эффективности технологии.

На рисунке 3 представлен алгоритм разработки БАД с высокой АОА по методу механохимической активации растительного сырья.

Механохимическая обработка приводит к более полному извлечению фенольных соединений. Это связано с тем, что в результате механической обработки растительного сырья происходит разрушение клеточных стенок, что значительно повышает доступность фенольных соединений, находящихся в клетке [6]. В результате того, что обработка производится в твердой фазе, концентрация антиоксидантов стабильна во времени.

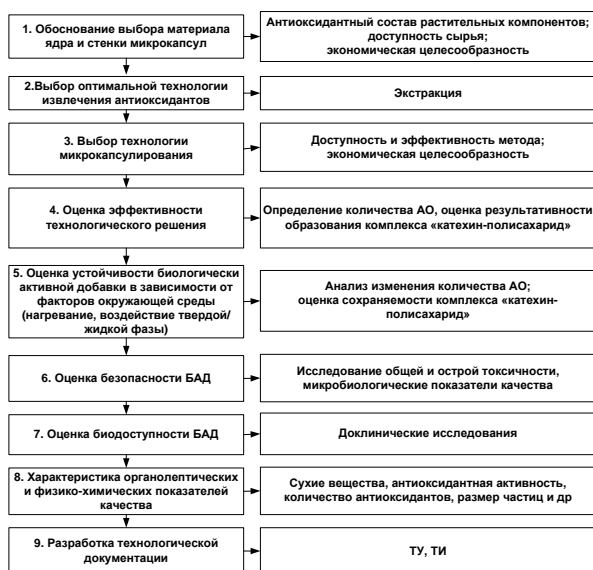


Рисунок 2 – Алгоритм разработки биологически активной добавки способом микрокапсулирования

Figure 2 - Algorithm for the development of a biologically active additive by microencapsulation

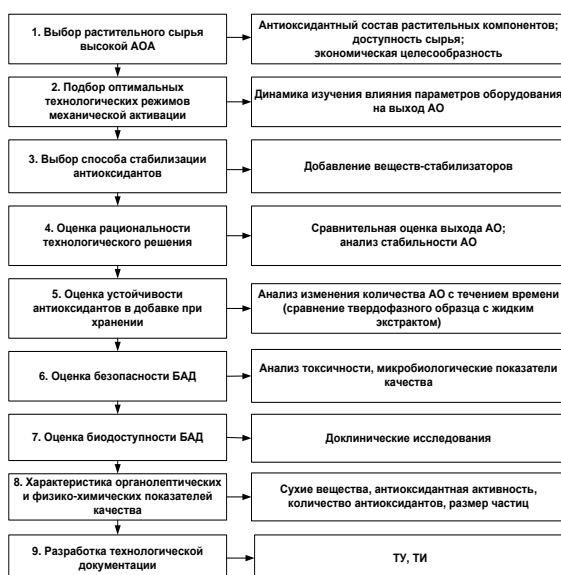


Рисунок 1 – Алгоритм разработки биологически активной добавки методом механохимической активации

Figure 3 - Algorithm for the development of biologically active additives by mechanochemical activation

При выборе пищевой основы для обогащения БАД рассматривались товароведные характеристики представителей однородных групп пищевых продуктов с учетом прогнозов

положительного и отрицательного влияния совокупности БАД и нутриентного состава пищевого продукта на органолептические и другие свойства состава. Необходимо учитывать и контролировать следующие параметры:

1. Ассортимент используемого сырья.
2. Влияние добавки на потребительские показатели качества.
3. Технологические режимы приготовления (температура, давление и т.д.).
4. Технологичность внесения добавки.
5. Содержание антиоксидантов в готовом пищевом продукте и их биодоступность.
6. Сроки хранения пищевого продукта.
7. Условия реализации пищевого продукта.
8. Экономическую целесообразность.

Анализ ассортимента продовольственных товаров показал, что наиболее эффективной основой для обогащения БАД высокой АОА являются напитки. В перечне продукции общественного питания наиболее подходящей пищевой основой для внесения БАД высокой АОА являются салаты, холодные супы, холодные соусы, некоторые виды десертов, холодные напитки.

## ВЫВОДЫ

Результативность научной идеи зависит от комплексного подхода к ее реализации. Организация научной составляющей разработки и производства нового пищевого продукта, основанная на методологическом подходе формирования качества, обеспечит высокую эффективность результата. Разработаны основополагающие принципы к созданию пищевых продуктов в составе с антиоксидантами, соблюдение которых создаст пищевой продукт с подтвержденной безопасностью, экономической доступностью и направленным действием на организм. Представленный алгоритм разработки пищевых продуктов с высокой АОА предлагает разработчику поэтапные шаги для осуществления поставленной цели. Важным этапом является выбор технологического решения для выделения антиоксидантов. Подобраны наиболее эффективные способы извлечения флавоноидов и их сохранения посредством технологии механохимической активации и микрокапсулирования. Представлены этапы реализации выбранных технологических решений. Известно, что антиоксиданты разрушаются под воздействием факторов окружающей среды, их количество зависит от технологии приготовления, способов хранения и реализации. Поэтому немаловажным является

## МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ С ВЫСОКОЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

научно обоснованный выбор пищевой основы. Подобраны группы пищевых продуктов, введение в которых антиоксидантов наиболее целесообразно. Такой системный подход, объединяющий принципы, алгоритмы и механизмы разработки пищевых продуктов с высокой антиоксидантной активностью, позволит создать конкурентоспособный и востребованный рынком пищевой продукт.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».
2. Яшин Я.И., Яшин А.Я. Природные антиоксиданты – защита человека от опасных болезней : учебник. Москва : Трансли, 2020. 96 с.
3. Natural and synthetic antioxidants: An updated overview / A. Augustyniak, G. Bartosz, A. Gašparović, N. Žarković // *Free Radical Research*. – 2010. № 44 (10). С. 1216–1262. doi 10.3109/10715762.2010.508495.
4. An overview of encapsulation technologies for food applications / V. Nedovic, A. Kalusevic, V. Manojlovic, S. Levic, B. Bugarski // *Procedia Food Science*. 2011. № 1. С. 1806–1815. doi: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.265>.
5. Fang Z., Bhandari B. Encapsulation of polyphenols – a review // *Trends in Food Science and Technology*. 2010. № 21(10). С. 510–523. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003>.
6. Ломовский О.И., Болдырев В.В. Механохимия в решении экологических задач. Новосибирск : Науч.-образ. центр «Молекулярный дизайн и экологически безопасные технологии», 2006. 221 с.

### Информация об авторах

Л. А. Маюрникова – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и организации общественного питания» Кемеровского государственного университета.

Е. С. Бычкова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и организация пищевых производств» Новосибирского государственного технического университета.

И. О. Ломовский – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Химии твердого тела» Института химии твердого тела СО РАН.

Д. А. Белякова – магистрант кафедры «Технологии и организации пищевых произ-

водств» Новосибирского государственного технического университета.

А. Л. Бычков – доктор химических наук, доцент кафедры «Технологии и организации пищевых производств» Института химии твердого тела СО РАН.

### REFERENCES

1. Norms of physiological needs in energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation (2021). Methodological recommendations of MP 2.3.1.0253-21 from 22 July 21. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).
2. Yashin, Ya.I. & Yashin, A.Ya. (2020). Natural antioxidants - human protection from dangerous diseases : textbook. Moscow : Transli. (In Russ.).
3. Augustyniak, A., Bartosz, G., Gašparović, A. & Žarković, N. (2010). Natural and synthetic antioxidants: An updated overview. *Free Radical Research*. 44 (10). 1216-1262. doi 10.3109/10715762.2010.508495.
4. Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S. & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*. (1). 1806-1815. doi: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.265> .
5. Fang, Z. & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science and Technology*. 21(10). 510-523. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003>.
6. Lomovsky, O.I. & Boldyrev, V.V. (2006). Mechanics in solving environmental problems. Novosibirsk : Scientific-image.the center "Molecular design and environmentally friendly technologies". (In Russ.).

### Information about the authors

L. A. Mayurnikova - doctor of technical Sciences, Professor of the Department "Technology and organization of public catering" Kemerovskogo state University.

E. S. Bychkova - candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "Technology and organization of food production" Novosibirsk state technical University.

I. O. Lomovsky - candidate of chemical Sciences, senior researcher of the laboratory "Solid state Chemistry" of the Institute of solid state chemistry SB RAS.

D. A. Belyakova - Master's student of the Department of "Technologies and Organization of Food Production" of Novosibirsk State Technical University.

A. L. Bychkov - Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies and Organization of Food Production".

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.11.2021; одобрена после рецензирования 12.11.2021; принята к публикации 26.11.2021.

The article was received by the editorial board on 1 Nov 21; approved after reviewing on 12 Nov 21; accepted for publication on 26 Nov 21.