

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-25-40>
УДК 641.1/3:547.979.8



Направления применения бета-каротина в технологиях продуктов питания

Е.В. Лисовая¹, Т.И. Угрюмова¹, Т.А. Шахрай✉¹,
Е.П. Викторова¹, А.А. Схляхов²

¹*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;
г. Краснодар, Российская Федерация
✉ sakrai@yandex.ru*

²*ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;
г. Майкоп, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. В статье приведен обзор исследований по влиянию бета-каротина на потребительские свойства и пищевую ценность кондитерских изделий, молочных, мясных и масло-жировых продуктов. Представлена информация о современных системах доставки бета-каротина для включения в пищевые системы. **Целью** настоящей статьи является анализ отечественной и зарубежной научно-технической литературы и патентной информации в области направлений применения бета-каротина в технологиях продуктов питания для обоснования необходимости разработки функциональных продуктов питания, обогащенных бета-каротином. **Методы.** В статье использовали методы анализа, систематизации и обобщения имеющихся научных данных. Поиск научно-технической информации проводили по базам данных «Google Scholar», «Scopus», «Web of Science» и «Elsevier», а также «Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU». **Результаты.** В результате анализа полученной информации установлено, что бета-каротин применяется в технологиях продуктов питания в качестве пищевой добавки, выполняющей роль антиоксиданта, замедляющего окислительные процессы жировой фазы продуктов и способствующего увеличению их срока хранения; натурального красителя, позволяющего снизить использование синтетических красителей, а также сократить или заменить использование в мясных продуктах нитрита натрия, проявляющего канцерогенные свойства. Таким образом, бета-каротин является пищевой добавкой, обеспечивающей формирование требуемого качества продуктов питания и обладающей высоким биопотенциалом. **Заключение.** Учитывая это, существует высокая потребность в разработке рецептур продуктов питания, обогащенных бета-каротином. Однако эффективность бета-каротина зависит от сохранения его стабильности, поскольку он имеет тенденцию легко разрушаться во время обработки и хранения пищевых продуктов, будучи чувствительным к таким факторам, как тепло, свет и кислород. Показано, что наиболее перспективной системой доставки бета-каротина в пищевые системы является система инкапсуляции в виде микроэмульсий, позволяющая повысить его стабильность и биодоступность, обеспечивающая сохранение высокого биоактивного потенциала бета-каротина.

Ключевые слова: бета-каротин, биоактивный потенциал, пищевые технологии, натуральный краситель, антиоксидантные свойства, антибактериальные свойства, системы доставки, инкапсуляция

Для цитирования: Лисовая Е.В., Угрюмова Т.И., Шахрай Т.А., Викторова Е.П., Схалыхов А.А. Направления применения бета-каротина в технологиях продуктов питания. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):25-40. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-25-40>

Applications of beta-carotene in food technology

E.V. Lisovaya¹, T.I. Ugryumova¹, T.A. Shakhrai✉¹,
E.P. Viktorova¹, A.A. Skhalyakhov²

¹ *Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – branch of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Wine-making; Krasnodar, Russian Federation*
✉sakhrai@yandex.ru

² *Maykop State Technological University;
Maikop, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. The article provides an overview of studies on the effect of beta-carotene on the consumer properties and nutritional value of confectionery, dairy, meat and oil and fat products. Information on modern beta-carotene delivery systems to be included in food systems has been presented. The goal of the research is to analyze domestic and foreign scientific and technical literature and patent information in the field of beta-carotene application in food technologies to substantiate the need to develop functional foods enriched with beta-carotene. **Methods.** The article uses methods of analysis, systematization and generalization of available scientific data. The search for scientific and technical information was carried out in the Google Scholar, Scopus, Web of Science and Elsevier databases, as well as the Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU. **The Results.** It has been established that beta-carotene is used in food technologies as a food additive performing the role of both, an antioxidant slowing down the oxidation processes of the fat phase of products, contributing to an increase in their shelf life, and a natural dye allowing to reduce the use of synthetic dyes, as well as to reduce or replace the use of sodium nitrite in meat products, which exhibits carcinogenic properties. Thus, beta-carotene is a food additive ensuring the formation of the required quality of food products and possessing high bio potential. **Conclusion.** It has been concluded that there is a high need to develop recipes for food products enriched with beta-carotene. However, the effectiveness of beta-carotene depends on maintaining its stability, since it tends to be easily destroyed during processing and storage of food products, being sensitive to such factors as heat, light and oxygen. It has been shown that the most promising system for delivering beta-carotene to food systems is the encapsulation system in the form of micro emulsions, which allows increasing its stability and bioavailability, ensuring the preservation of the high bioactive potential of beta-carotene.

Keywords: beta-carotene, bioactive potential, food technologies, natural dye, antioxidant properties, antibacterial properties, delivery systems, encapsulation

For citation: Lisovaya E.V., Ugryumova T.I., Shakhrai T.A., Viktorova E.P., Skhalyakhov A.A. Applications of beta-carotene in Food Technologies. *Novye Tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):25-40. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-25-40>

Введение. В настоящее время в пищевой промышленности наблюдается тенденция к разработке продуктов питания, обогащенных биоактивными

ингредиентами. Это обусловлено растущим спросом на функциональные продукты питания, которые приносят пользу здоровью.

Широкое применение в производстве функциональных продуктов питания получили каротины.

Каротины являются одной из подгрупп каротиноидов, состоящие, в отличие от ксантофиллов, только из водорода и углерода, образующих полиненасыщенную циклическую или линейную цепь с химической формулой $C_{40}H_{56}$ [1, 2].

Одним из значимых представителей каротинов, обладающих биоактивными свойствами, наряду с ликопином, является бета-каротин [3].

Бета-каротин (пищевая добавка Е-160а) применяется в качестве природного пищевого красителя в производстве продуктов питания.

Известно, что бета-каротин, кроме красящих свойств, проявляет антиоксидантные, антиканцерогенные, антимутагенные, иммуномоделирующие, противовоспалительные и антитоксические свойства, регулируя важные физиологические процессы в организме человека [4 - 6].

Молекула бета-каротина, в отличие от ликопина, содержит в своей структуре два бета-иононовых кольца, что в значительной степени обуславливает его биологическую активность, а именно провитаминную активность.

Именно бета-каротин является предшественником и основным источником витамина А в организме человека [7, 8].

Молекула бета-каротина под действием фермента β -каротин-15,15'-монооксигеназы может расщепляться и поставлять в организм две молекулы ретинола (витамина А). Активность провитамина А - бета-каротина – выше, чем любого другого каротиноида, а дефицит бета-каротина в рационе питания может привести к таким состояниям, как слепота, сухость глаз и преждевременная детская смерть [9].

Содержится бета-каротин в моркови, тыкве, сладком и остром красных перцах, оранжевых перцах, абрикосах, облепихе,

шиповнике, морошке, манго, мандаринах, грейпфрутах и других [10, 11].

Благодаря провитаминной активности бета-каротин имеет важное значение для организма человека, а именно: для роста, эмбрионального развития и поддержания зрения [12].

Однако эффективность бета-каротина зависит от сохранения его стабильности, поскольку он имеет тенденцию легко разрушаться во время производства и хранения продуктов питания, будучи чувствительным к таким факторам, как тепло, свет и кислород.

Целью настоящей статьи является анализ отечественной и зарубежной научнотехнической литературы и патентной информации в области направлений применения бета-каротина в технологиях продуктов питания для обоснования необходимости разработки функциональных продуктов питания, обогащенных бета-каротином.

В обзоре обобщены исследования по влиянию бета-каротина на потребительские свойства и пищевую ценность кондитерских изделий, молочных, мясных и масложировых продуктов. Помимо информации о потенциале применения бета-каротина в производстве продуктов питания в качестве красителя, антиоксиданта и консерванта, приведена информация о современных системах его доставки, в том числе инновационных, для включения в пищевые системы, позволяющие расширить перспективы применения липофильного бета-каротина не только для обогащения продуктов питания с высоким содержанием жировой фазы, но и для обогащения продуктов питания с высоким содержанием водной фазы и пониженной калорийностью.

Объекты и методы исследования. Поиск отечественной и зарубежной научнотехнической литературы осуществляли, пользуясь библиографическими базами данных «Научная электронная библиотека

«eLIBRARY.RU», «Google Scholar», «Scopus», «Web of Science» и «Elsevier». Поиск патентной информации осуществляли по базам данных Роспатента и ВОИС (PATENTSCOPE). В статье использовали методы анализа, систематизации и обобщения имеющихся научных данных.

Результаты и их обсуждение. Бета-каротин – пищевая добавка (E-160a), относящаяся к пищевым функциональным ингредиентам, при этом в РФ норма физиологической потребности взрослого человека составляет 5 мг/сутки [13]. Бета-каротин не обладает токсическими свойствами, и повышенные дозы его потребления не влияют отрицательно на организм человека. Известно, что бета-каротин, попадая в организм человека, превращается в ретинол – провитамин А, причем в необходимых человеку количествах. Бета-каротин, полученный синтетическим методом, не обладает витаминной активностью и может быть рекомендован только в качестве пищевого красителя. Бета-каротин, полученный методом экстракции из растительного сырья или микробиологическим методом, обладает антиоксидантными, антиканцерогенными и иммуномоделирующими свойствами, что придает ему статус функционального ингредиента в составе продуктов питания. В пищевые продукты бета-каротин вносится как в виде отдельной пищевой добавки, так и в составе каротинсодержащего сырья. В случае использования каротинсодержащего сырья следует учитывать низкую биодоступность бета-каротина, для увеличения которой используются различные методы.

В технологиях продуктов питания применяются такие формы бета-каротина, как масляные растворы с концентрацией 0,1, 0,2, 1,0, 2, 0 %; суспензии жировые с концентрацией 10-30 %; водорастворимые препараты; кристаллический порошок, полученный микробиологическим путем; водо-

растворимый порошок с содержанием 96 % бета-каротина и инкапсулированная форма.

Применение бета-каротина в технологиях молочных продуктов.

Бета-каротин широко применяется в молочной промышленности в качестве красителя. Оптимальный диапазон дозировки бета-каротина зависит от желаемой интенсивности цвета.

Учеными Воронежской государственной технологической академии разработана технология сгущенного молока с сахаром, обогащенного бета-каротином [14]. Бета-каротин вносили на различных стадиях технологического процесса в зависимости от формы вносимого бета-каротина. Водорастворимую форму бета-каротина вносили в вакуум-охладитель после внесения мелкокристаллической лактозы. Бета-каротин в масляной форме вносили на стадии растворения сухого молока или вместе с сахарным сиропом. Установлено, что внесение в рецептуру сгущенного молока с сахаром бета-каротина в количестве 5 мг/кг обеспечивает оптимальные органолептические и физико-химические показатели продукта.

При создании молочно-белковой массы «Солнышко» [15] и белково-жирового крема «Апельсин» [16] была использована 30 %-ная масляная суспензия бета-каротина, а при создании белково-жирового крема «Лимон» [17] использована 10%-ная масляная суспензия бета-каротина, введение которой в рецептуру данных продуктов позволило улучшить их функциональные свойства, а в сочетании с аспартамом придать им антимуtagenные свойства [16].

Однако, важной проблемой включения бета-каротина в пищевые матрицы является его низкая физико-химическая стабильность и биодоступность [18].

Еще одной значимой проблемой является то, что бета-каротин, являясь жирорастворимым соединением, практически не растворяется в пищевых системах на

водной основе таких, как напитки и молочные продукты с низким содержанием жира.

Наиболее эффективным для решения указанных проблем является применение инкапсулированных форм в технологиях продуктов питания для инкапсуляции нестабильных активных ингредиентов, включая бета-каротин, для защиты и предотвращения окисления, изомеризации и деградации во время хранения, что позволяет максимально решить перечисленные проблемы [19-22].

В работе [23] показана эффективность обогащения йогурта инкапсулированным бета-каротином в мальтодекстрине и казеинате натрия в сравнении с контрольным образцом – персиковым йогуртом. Результаты показали, что общее значение цвета йогурта, изготовленного с инкапсулированным бета-каротином, было сопоставимо со стандартным значением и оставалось стабильным в течение 4 недель хранения при 4 °С.

Учеными Воронежского государственного университета инженерных технологий разработаны порошкообразные каротинсодержащие добавки «Бетарон» и «Тыкверон» [24,25] с введением в рецептуру яичного желтка в качестве матрицы для каротинов, позволяющей получить водорастворимые формы бета-каротина, а, следовательно, способствующей повышению его биодоступности. Этими учеными разработаны новые функциональные продукты – творожные продукты с использованием добавки «Бетарон» и молочные напитки с использованием добавки «Тыкверон» [26]. Установлено оптимальное содержание добавки «Бетарон», равное 2,9 %, что соответствует содержанию бета-каротина в творожном продукте – 9,97 мг/кг.

Другим способом инкапсуляции бета-каротина является получение липосом.

Российскими учеными проведены исследования по обогащению питьевого молока бета-каротином в липосомальной

форме [27]. Установлено, что при хранении молока, содержащего бета-каротин в липосомальной форме в течение 10 суток при температуре 4 ± 2 °С, потери бета-каротина незначительны, а липосомальная добавка не влияет на активную и титруемую кислотность молока. Для сравнения бета-каротин вносили в молоко обезжиренное восстановленное в двух формах: липосомальной и в виде водного раствора пищевой добавки «Веторон», содержащей 2 % бета-каротина. Добавки вносили в охлажденное до 4 °С молоко после пастеризации в количестве, достаточном для удовлетворения 40% суточной потребности взрослого человека при употреблении разового приема продукта, что соответствовало концентрации бета-каротина 1 мг %. В результате установлено, что липосомальная форма бета-каротина придает молоку гепатостимулирующие свойства.

Таким образом, на основании изучения ряда исследований установлено, что в технологиях молочных продуктов бета-каротин может не только формировать органолептические свойства, но и за счет высокой антиоксидантной активности замедлять окислительные процессы жировой фазы молочных продуктов.

Применение бета-каротина в технологиях мясных продуктов.

В мясной промышленности при производстве полуфабрикатов и консервов бета-каротин используют в качестве пищевого красителя в форме препарата «Веторон» (водный раствор бета-каротина красновато-оранжевого цвета со слабым запахом моркови). Использование водорастворимой формы бета-каротина позволяет увеличивать влагосвязывающую способность мясного сырья. При производстве колбасных изделий используют жирорастворимую форму бета-каротина в составе белково-жировой эмульсии.

Так, ученые Казахстана при производстве колбасных изделий вводили бета-каротин

тин в качестве натурального пищевого красителя вместо нитрита натрия, известного своими канцерогенными свойствами [28].

Бета-каротин вводили в фарш в количестве 0,01-0,4% к массе сырья. Установлено, что при использовании бета-каротина вместо нитрита натрия повышается пищевая ценность готового продукта, увеличиваются его сроки хранения и улучшаются органолептические показатели.

Аналогичные результаты были получены авторами [29] по применению бета-каротина при производстве мясных консервов.

Таким образом, установлено, что применение бета-каротина, обладающего антиоксидантными и антибактериальными свойствами, в технологиях мясных продуктов позволяет повысить их пищевую ценность, улучшить микробиологические показатели и увеличить сроки годности. Красящие свойства бета-каротина позволяют улучшить органолептические показатели готового продукта, а также создавать функциональные мясные продукты, не содержащие нитрит натрия.

Применение бета-каротина в технологиях кондитерских изделий.

В кондитерской промышленности бета-каротин используют в качестве пищевого красителя с целью улучшения и восстановления цвета или придания определенного цвета бесцветному продукту. В последнее время внимание разработчиков направлено на биологическую активность природного бета-каротина, позволяющую использовать его в качестве функционального ингредиента. Кондитерские изделия относятся к часто потребляемым продуктам, и использование бета-каротина в качестве функционального ингредиента позволит решить задачу дефицита витамина А у взрослого и детского населения страны. Так, учеными Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского разработана рецептура сахарного печенья, обогащенного

бета-каротином [30]. Бета-каротин вводили в виде добавки Веторон-Е, при этом содержание бета-каротина в готовом продукте составляло 3,2 мг/100г сухого вещества, что позволяет отнести полученный продукт к функциональному.

Авторами [31] проведены исследования по разработке рецептуры и технологии изготовления печенья крекер с применением порошка из выжимок тыквы в качестве источника бета-каротина. Содержание бета-каротина в порошке соответственно 34,7 мг %. Учитывая влияние порошка из выжимок тыквы на хлебопекарные свойства модельных смесей, были сделаны выводы о нецелесообразности превышения 15 % содержания порошка из тыквы в рецептуре печенья крекер и необходимости использовать специальные технологические приемы. Установлено, что готовый продукт – крекер «Заказной новый» имеет равномерный, выраженный кремовый цвет, приятный тыквенный аромат и привкус, а по физико-химическим показателям соответствует установленным требованиям (ГОСТ 14033-2015). Содержание бета-каротина в готовом продукте составляет 2,9 г/100 г, что позволяет говорить о функциональных свойствах полученного продукта.

Учеными Всероссийского института кондитерской промышленности проведены исследования и разработаны технология и рецептура помадных конфет, обогащенных бета-каротином [32]. В качестве источника бета-каротина использовали препарат «Ветарон» (производство ООО «Русфик», Россия), который вносили в помадную массу на этапе темперирования при температуре не более 80 °С из расчета 3,5 и 8,0 мг на 100 г продукта, при этом содержание бета-каротина в готовом продукте составляло соответственно 20 и 45 % от средней суточной потребности на 100 ккал продукта, что позволило отнести готовый продукт к функциональному. Полученные образцы сравнивали с контроль-

ным, изготовленным с применением искусственного красителя - тартразина. Установлено, что бета-каротин распределяется равномерно по всему объему готового продукта, при этом цвет изделия более яркий и насыщенный, чем при использовании тартразина. Исследования на сохранность бета-каротина проводили при температуре 18-20 °С и влажности воздуха 60-75% в течение 90 дней. Потери бета-каротина при этом составили не более 5 % от исходного содержания. Таким образом, данные кондитерские изделия можно использовать в качестве источника бета-каротина для функционального питания.

Потенциал использования эмульсионных гелей на основе зеина, обогащенных бета-каротином, в качестве альтернативы маргарину для кексов с сопоставимыми органолептическими характеристиками с промышленным маргарином был успешно подтвержден китайскими авторами. Результаты исследований показали, что образование эмульсионных гелей с глицериновым маслом на основе зеина, обогащенных бета-каротином, значительно повысило фотостабильность бета-каротина. Установлено, что более 88 % бета-каротина сохранилось при хранении в течение 64 часов под воздействием УФ-излучения, а, следовательно, замедлило окисление липидов во время хранения. Показано, что в случае применения глицерина с высокой температурой кипения (290 °С) и термообратимой основой эмульсионных гелей, обогащенных бета-каротином, сохраняется структура кексов. Основываясь на этих результатах, вполне вероятно предположить, что эмульсионные гели на основе зеина могут стать перспективной заменой высоконасыщенного и богатого трансжирными кислотами маргарина в мучных кондитерских изделиях [33].

Учеными Афинского национального технического университета был разработан функциональный белый шоколад, обогащенный свободным и инкапсулированным бета-

каротином с использованием смесей изолята сывороточного белка и пуллулана с помощью распылительной сушки, сублимационной сушки и коаксиального электропрядения. Были оценены термические свойства, реологические свойства, твердость и цвет шоколада, а также отслеживалась стабильность бета-каротина в течение 4 месяцев при 25 °С. Результаты показали, что метод распылительной сушки обеспечивает превосходное сохранение бета-каротина с константой скорости деградации (k) 0,0066 дня⁻¹ и периодом полураспада 126,04 дня⁻¹, что в два раза превышает период полураспада свободного бета-каротина. Методы коаксиального электропрядения и сублимационной сушки также показали значительные преимущества с константами скорости деградации 0,0080 дня⁻¹ и 0,0094 дня⁻¹ соответственно, что указывает на лучшую стабильность инкапсулированного бета-каротина по сравнению со свободным бета-каротином. Что касается термических свойств, существенных различий в температурах профиля плавления между образцами не обнаружено, но методы коаксиального электропрядения и сублимационной сушки показали более высокую энергию плавления (30,88 Дж/г и 16,00 Дж/г соответственно) по сравнению с контролем (12,42 Дж/г), что свидетельствует о более организованной структуре инкапсулированного бета-каротина. Реологические свойства различались: метод сублимационной сушки показал слегка повышенную твердость (10,28 Н/мм²), а метод коаксиального электропрядения показал значительно пониженную твердость (5,89 Н/мм²), что подчеркивает влияние инкапсуляции на текстурные характеристики. Кроме того, стабильность цвета лучше всего сохранялась в методе распылительной сушки, за которым следует метод коаксиального электропрядения, что указывает на эффективность этих методов в сохранении внешнего вида шоколада. Результаты этого исследования подчеркивают потенциал распылительной

сушки и коаксиального электропрядения как перспективных методов повышения стабильности и качества кондитерских изделий, обогащенных бета-каротином [34].

Таким образом, установлено, что бета-каротин успешно используется в технологиях кондитерских изделий, показывая хорошие результаты в сохранении свежести и продлении срока годности изделий, при этом улучшаются органолептические свойства и повышается пищевая ценность изделий.

Применение бета-каротина в технологиях масложировых продуктов.

Еще одним направлением применения бета-каротина в технологиях продуктов питания является его применение в качестве антиоксиданта, в особенности для растительных масел, содержащих значительное количество полиненасыщенных жирных кислот [35].

Авторами показано, что замедлить процесс окисления липидов, увеличить срок годности льняных масел можно путем их обогащения каротиноидами из выжимок облепихи [35]. Для оценки оксидантной стабильности льняных масел проводили их ускоренное окисление при свободном доступе кислорода воздуха и температурах 100 °C и 110 °C. Более высокое время индукции указывает на то, что для окисления указанных масел потребуется больше времени, то есть такие масла имеют более высокую стабильность к окислению. Установлено, что индукционный период при температурах 100 °C и 110 °C обогащенного льняного масла (6,07 ч и 2,92 ч) выше, по сравнению с необогащенным льняным маслом (4,11 ч и 1,58 ч), соответственно. При указанных температурах более высокая стабильность к окислению наблюдается в обогащенном льняном масле. Таким образом, можно сделать вывод о том, что повышение стабильности льняного масла к окислению обусловлено его обогащением каротиноидами из выжимок облепихи.

На основании исследований авторов установлено, что применение растительных ингредиентов – бета-каротина в композиции с соевым изолятом позволяет полностью заменить холестеринсодержащий яичный желток в рецептурах майонезов. Показано, что, по сравнению с нативными белками, белковые изоляты имели более высокую связывающую способность с бета-каротином. Кроме того, антиоксидантная активность была улучшена после образования комплексов бета-каротин – белковые изоляты. При таком молекулярном инкапсулировании стабильность бета-каротина значительно улучшилась по сравнению с бета-каротином в чистом виде. Показано, что майонез с применением бета-каротина в композиции с соевым изолятом по реологическим свойствам не уступает контрольному образцу. Опыты *in vitro* показали, что комплекс бета-каротин – белковые изоляты имеет более высокую трансформацию (63,95%) и биодоступность (87,63%) [36].

На основании приведенных исследований можно сделать вывод о доказанной эффективности применения бета-каротина в масложировых продуктах в качестве антиоксиданта.

Таким образом, можно сделать вывод, что пищевая добавка – бета-каротин может эффективно применяться в технологиях продуктов питания не только в качестве натурального красителя, позволяющего снизить использование синтетических красителей, а также сократить или заменить использование в мясных продуктах нитрита натрия, проявляющего канцерогенные свойства, но и в качестве антиоксиданта, замедляющего окислительные процессы жировой фазы, а также, благодаря антибактериальным свойствам, и в качестве консерванта.

Анализ существующих направлений использования бета-каротина в технологиях

продуктов питания и способов его внесения в рецептуры продуктов показал, что для их обогащения бета-каротин используют в качестве пищевого красителя и функционального ингредиента как в жирорастворимой форме, так и в водорастворимой.

При внесении бета-каротина в пищевые системы надо учитывать, что основными факторами, которые ограничивают эффективность его технологических и биологически активных свойств, являются высокая чувствительность бета-каротина к воздействию света, тепла, кислорода и ионов поливалентных металлов, а также его низкая биодоступность [21].

Решить перечисленные проблемы и расширить применение бета-каротина в производстве функциональных продуктов питания позволяет применение систем доставки бета-каротина в пищевые системы в виде инкапсулированных форм.

На наш взгляд, наиболее перспективной для масштабирования в технологиях продуктов питания является применение систем инкапсуляции бета-каротина в виде микроэмульсий, что обусловлено их высокой стабильностью, важной при длительном транспортировании и хранении указанных систем инкапсуляции, а также относительной простотой их получения.

Выводы. На основании анализа, систематизации и обобщения имеющейся научно-технической литературы и патентной информации можно сделать вывод об эффективном применении бета-каротина в

технологиях продуктов питания в качестве пищевой добавки, обеспечивающей формирование требуемого качества продуктов питания, выполняющей роль натурального красителя, антиоксиданта и консерванта, и обладающей высоким биопотенциалом. Учитывая это, существует высокая потребность в разработке рецептур пищевых продуктов, обогащенных бета-каротином. Обогащение продуктов питания, то есть включение бета-каротина в функциональные продукты питания, признано наиболее перспективным и безопасным методом по сравнению с употреблением бета-каротина в лекарственной форме.

Однако в функциональных продуктах питания бета-каротин подвержен физико-химической деградации во время производства и хранения перед употреблением в пищу. Эти ограничивающие факторы, в дополнение к его низкой биодоступности в желудочно-кишечном тракте человека, затрудняют включение бета-каротина в пищевую матрицу, а, следовательно, существенно влияют на его эффективность как полезной для здоровья пищевой добавки.

Наиболее перспективной системой включения бета-каротина в пищевые матрицы является система инкапсуляции в виде микроэмульсий, поскольку она позволяет сохранить высокий биоактивный потенциал бета-каротина, повысить его физико-химическую стабильность, растворимость, диспергируемость и биодоступность при употреблении.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Riaz M., Zia-Ul-Haq M., Dou D. Chemistry of Carotenoids. In: Zia-Ul-Haq M., Dewanjee S., Riaz M. Carotenoids: Structure and Function in the Human Body. Springer, Cham, 2021. 862 p.

2. The characterization and stability of powdered oil loaded with β -carotene prepared from a sodium caseinate–carrageenan complex: the effect of vacuum freeze-drying and spray-drying / Y. Long [et al.] // *Foods*. 2024. Vol. 74. P. 3690. DOI: 10.3390/foods13223690.
3. Адади П., Филиппова Д.С., Баракова Н.В. Влияние ферментных препаратов на извлечение пигментов из растительного сырья // *Вестник Международной академии холода*. 2019. № 1. С. 64-68. DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-1-64-68.
4. Каротиноиды. Биологическая активность / В.А. Дадали [и др.] // *Вопросы питания*. 2011. № 4. С. 4-18.
5. Каротиноиды. Биодоступность, биотранс-формация, антиоксидантные свойства / В.А. Дадали [и др.] // *Вопросы питания*. 2010. № 2. С. 4-18.
6. Shankaranarayanan J, Arunkanth K, Dinesh K C. Beta Carotene -Therapeutic Potential and Strategies to Enhance Its Bioavailability // *Nutri Food Sci Int J*. 2018. No. 7(4). P. 555716. DOI: 10.19080/NFSIJ.2018.07.555716.
7. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения/ А.А. Шапошников [и др.] // *Научные ведомости Белгородского государственного университета*. 2008. № 6 (46). С.19-25.
8. β -Carotene Is an Important Vitamin A Source for Humans / T. Grune [et al.] // *The Journal of Nutrition*. 2010. Vol. 140, Iss. 12. P. 2268-2285. DOI:10.3945/jn.109.119024.
9. Chemistry, encapsulation, and health benefits of β -carotene - A review/ K. Gul [et al.] // *Cogent Food & Agriculture*. 2015. Vol. 1(1). P. 1-12. DOI: 10.1080/23311932.2015.1018696.
10. Нилова Л.П., Потороко И.Ю. Каротиноиды в растительных пищевых системах // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2021. Т. 9, № 4. С. 54-69.
11. Tufail T., Bader H., Ain S. Noreen Nutritional Benefits of Lycopene and Beta-Carotene: A Comprehensive Overview // *Food Science & Nutrition*. 2024. P. 1-27. DOI: 10.1002/fsn3.4502.
12. Farkas Á., Bencsik T., Deli J. Carotenoids as Food Additives // *Pigments from Microalgae Handbook*. Zepka: Springer, Cham, 2020. P. 421-447. DOI:10.5772/intechopen.101208.
13. МР 2.3.1.0253-21 2.3.1. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации [Электронный ресурс]: методические рекомендации (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.07.2021). URL: <http://www.consultant.ru>.
14. Способ производства сгущенного молока с сахаром «Олымское витаминизированное»: патент 2182790 Рос. Федерация; № 200011410; заявл. 02.06.2000; опубл. 27.05.2002, Бюл. № 15. 7 с.
15. Композиция для получения молочно-белковой массы «Солнышко»: патент 2192752 Рос. Федерация; № 2000126557, заявл. 23.10.2000; опубл. 20.11.2002, Бюл. № 32. 6 с.
16. Белково-жировой крем «Апельсин» и способ его приготовления: паент 2204912 Рос. Федерация; № 2000126560, заявл. 23.10.2000; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15. 8 с.
17. Белково-жировой крем «Лимон» с антимуtagenной добавкой аспартама и способ его приготовления: патент 2204907 Рос. Федерация; № 2000126561, заявл. 23.10.2000; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15. 9 с.
18. Xavier A.A., Mercadante A.Z. The bioaccessibility of carotenoids impacts the design of functional foods // *Curr Opin Food Sci*. 2019. No. 26. P. 1-8. DOI: 10.1016/J.COFS.2019.02.015.
19. Encapsulation of b-carotene in wheat gluten nanoparticlexanthan gum-stabilized Pickering emulsions: enhancement of carotenoid stability and bioaccessibility / D. Fu [et al.] // *Food Hydrocoll* 2019. No. 89. P. 80-89. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.10.032.

20. Valorizations of carotenoids from sea buckthorn extract by microencapsulation and formulation of value-added food products / F.M. Ursache [et al.] // *J Food Eng* 2018. No. 219. P. 16-24. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2017.09.015.
21. Carotenoid-loaded nanocarriers: A comprehensive review / A. Rehman [et al.] // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2020. Vol. 275. P. 102048. Doi:10.1016/j.cis.2019.102048.
22. Distribution of oil solubilized b-carotene in stabilized locust bean gum powders for the delivery of orange colorant to food products / M.J. Selig [et al.] // *Food Hydrocoll.* 2018. No. 84. P. 34-37. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.05.027.
23. Coronel-Aguilera C.P., San Martín-González M.F. Encapsulation of spray dried β -carotene emulsion by fluidized bed coating technology // *LWT - Food Science and Technology*. 2015. No. 62 (1). P.187-193. DOI:10.1016/j.lwt.2014.12.036.
24. Способ получения биологически активной добавки для окрашивания и витаминизации продуктов: патент 2574904 Рос. Федерация; № 2015100178, заявл. 13.01.2015; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4. 7 с.
25. Бессонова Л.П., Антипова Л.В., Черкасова А.В. Новая каротинсодержащая биологически активная добавка (БАД) «Тыкверон» - характеристика и способ получения // *Пищевая промышленность*. 2015. № 10. С. 23-27.
26. Бессонова Л.П., Антипова Л.В., Черкасова А.В. Применение каротинсодержащих биологически активных добавок для обогащения пищевых систем // *Наука, питание и здоровье: материалы II Международного конгресса*. Минск. 2019. С. 480-487.
27. Разработка рецептуры функционального молочного продукта, обогащенного β -каротином в липосомной форме / Л.А. Забодалова [и др.] // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2014. № 1. С. 50-54.
28. Способ производства мясopодуkтов с использованием натуральных красителей: патент 15897 Казахстан; № 2004/0722; заявл. 24.05.2004; опубл. 05.05.2005.
29. Композиция для приготовления мясных консервов «Ассорти мясное к завтраку»: патент 16883 Казахстан; №2004/0735.1, заявл. 27.05.2004; опубл.15.12.2005.
30. Использование β -каротина в кондитерском производстве / А.Т. Васюкова [и др.] // *Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика: материалы Международной научно-практической конференции*. М.: ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова, 2019. С. 73-78.
31. Применение порошка из выжимок тыквы в технологии обогащенного крекера / Н.М. Дерканосова [и др.] // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2019. № 2/3. С. 46-50. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.2-3.12.
32. Помадные конфеты, обогащенные бета-каротином / Т.В. Баулина [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 9. С. 179-186. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-179-186.
33. Zein based oil-in-glycerol emulgels enriched with β -carotene as margarine alternatives / X.-W. Chen [et al.] // *Food Chemistry*. 2016. No. 211. P. 836-844. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.05.133.
34. Drosou C., Krokida M. Enrichment of White Chocolate with Microencapsulated β -Carotene: Impact on Quality Characteristics and β -Carotene Stability during Storage // *Foods*. 2024. No. 13 (17). P. 2699. DOI: 10.3390/foods13172699.
35. Enrichment of flaxseed (*Linum usitatissimum*) oil with carotenoids of sea buckthorn pomace via ultrasound-assisted extraction technique / V.H. Bhimjiyani [et al.] // *Current Research in Food Science*. 2021. No. 4. P. 478-488. DOI:10.1016/j.crfs.2021.07.006.

36. Soy protein fibrils– β -carotene interaction mechanisms: Toward high nutrient plant-based mayonnaise / T. Tian [et al.] // LWT. 2023. No. 184. P. 114870. DOI:10.1016/j.lwt.2023.114870.

REFERENCES

1. Riaz M., Zia-Ul-Haq M., Dou D. Chemistry of Carotenoids. In: Zia-Ul-Haq M., Dewanjee S., Riaz M. Carotenoids: Structure and Function in the Human Body. Springer, Cham, 2021. RUR 862.
2. The characterization and stability of powdered oil loaded with β -carotene prepared from a sodium caseinate–carrageenan complex: the effect of vacuum freeze-drying and spray-drying / Y. Long [et al.] // Foods. 2024. Vol. 74. R. 3690. DOI: 10.3390/foods13223690.
3. Adadi P., Filippova D.S., Barakova N.V. The influence of enzyme preparations on the extraction of pigments from plant materials // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2019. No. 1. P. 64-68. DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-1-64-68. [In Russ.]
4. Carotenoids. Biological activity / V.A. Dadali [et al.] // Nutrition Issues. 2011. No. 4. P. 4-18. [In Russ.]
5. Carotenoids. Bioavailability, biotransformation, antioxidant properties / V.A. Dadali [et al.] // Nutrition Issues. 2010. No. 2. P. 4-18. [In Russ.]
6. Shankaranarayanan J, Arunkanth K, Dinesh K C. Beta Carotene -Therapeutic Potential and Strategies to Enhance Its Bioavailability // Nutri Food Sci Int J. 2018. No. 7(4). P. 555716. DOI: 10.19080/NFSIJ.2018.07.555716.
7. Carotenoids: structure, biological functions and application prospects / A.A. Shaposhnikov [et al.] // Scientific Bulletin of Belgorod State University. 2008. No. 6 (46). P.19-25. [In Russ.]
8. β -Carotene Is an Important Vitamin A Source for Humans / T. Grune [et al.] // The Journal of Nutrition. 2010. Vol. 140, Iss. 12. P. 2268-2285. DOI:10.3945/jn.109.119024.
9. Chemistry, encapsulation, and health benefits of β -carotene - A review/ K. Gul [et al.] // Cogent Food & Agriculture. 2015. Vol. 1(1). P. 1-12. DOI:10.1080/23311932.2015.1018696.
10. Nilova L.P., Potoroko I.Yu. Carotenoids in plant food systems // Bulletin of SUSU. Series: Food and Biotechnology. 2021. Vol. 9, No. 4. P. 54-69. [In Russ.]
11. Tufail T., Bader H., Ain S. Noreen Nutritional Benefits of Lyco-pene and Beta-Carotene: A Comprehensive Overview // Food Science & Nu-trition. 2024. P. 1-27. DOI: 10.1002/fsn3.4502.
12. Farkas Á., Bencsik T., Deli J. Carotenoids as Food Additives // Pigments from Microalgae Handbook / E. Jacob-Lopes, M. Queiroz, L. Zepka: Springer, Cham, 2020. P. 421-447. DOI:10.5772/intechopen.101208.
13. MR 2.3.1.0253-21 2.3.1. Food hygiene. Rational nutrition. Standards of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation [Electronic resource]: methodological recommendations (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on July 22, 2021). URL: <http://www.consultant.ru>. [In Russ.]
14. Method of production of condensed milk with sugar “Olymskoye fortified”: patent 2182790 the Russian Federation; No. 200011410; declared 06/02/2000; published 05/27/2002, Bulletin No. 15. 7 p. [In Russ.]
15. Composition for obtaining “Solnyshko” milk-protein mass: patent 2192752 Russian Federation; No. 2000126557, declared 10/23/2000; published 20.11.2002, Bulletin No. 32. 6 p. [In Russ.]

16. Protein-fat cream “Orange” and the method for its preparation: patent 2204912 Russian Federation; No. 2000126560, declared 23.10.2000; published 27.05.2003, Bulletin No. 15. 8 p. [In Russ.]
17. Protein-fat cream “Lemon”: patent 2204907 the Russian Federation; No. 2000126561, declared 23.10.2000; published 27.05.2003, Bulletin No. 15. 9 p. [In Russ.]
18. Xavier A.A., Mercadante A.Z. The bioaccessibility of carotenoids impacts the design of functional foods // *Curr Opin Food Sci.* 2019. No. 26. R. 1-8. DOI: 10.1016/J.COFS.2019.02.015.
19. Encapsulation of b-carotene in wheat gluten nanoparticle xanthan gum-stabilized Pickering emulsions: enhancement of carotenoid stability and bioaccessibility / D. Fu [et al.] // *Food Hydrocoll* 2019. No. 89. P. 80-89. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.10.032.
20. Valorizations of carotenoids from sea buckthorn extract by micro-encapsulation and formulation of value-added food products / F.M. Ursache [et al.] // *J Food Eng* 2018. No. 219. P. 16-24. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2017.09.015.
21. Carotenoid-loaded nanocarriers: A comprehensive review / A. Rehman [et al.] // *Advances in Colloid and Interface Science.* 2020. Vol. 275. P. 102048. Doi:10.1016/j.cis.2019.102048.
22. Distribution of oil solubilized b-carotene in stabilized locust bean gum powders for the delivery of orange colorant to food products / M.J. Selig [et al.] // *Food Hydrocoll.* 2018. No. 84. P. 34-37. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.05.027.
23. Coronel-Aguilera C.P., San Martín-González M.F. Encapsulation of spray dried β -carotene emulsion by fluidized bed coating technology // *LWT - Food Science and Technology.* 2015. No. 62 (1). P. 187-193. DOI:10.1016/j.lwt.2014.12.036. [In Eng.]
24. Method for obtaining a biologically active additive for coloring and fortifying products: patent 2574904 the Russian Federation; No. 2015100178, declared. 13.01.2015; published 10.02.2016, Bulletin No. 4. 7 p. [In Russ.]
25. Bessonova L.P., Antipova L.V., Cherkasova A.V. New carotene-containing biologically active additive (BAA) «Tykveron» - characteristics and production method // *Food industry.* 2015. No. 10. P. 23-27. [In Russ.]
26. Bessonova L.P., Antipova L.V., Cherkasova A.V. Application of carotene Rotin-containing biologically active additives for enrichment of food systems // *Science, nutrition and health: materials of the II International Congress.* Minsk. 2019. P. 480-487. [In Russ.]
27. Development of a recipe for a functional dairy product enriched with β -carotene in liposomal form / L.A. Zabodalova [et al.] // *News of universities. Food technology.* 2014. No. 1. P. 50-54. [In Russ.]
28. Method for the production of meat products using natural dyes: patent 15897 Kazakhstan; No. 2004/0722; declared 24.05.2004; published. 05.05.2005. [In Russ.]
29. Composition for the preparation of canned meat «Assorted meat for breakfast»: patent 16883 Kazakhstan; No. 2004/0735.1, declared 27.05.2004; published 15.12.2005. [In Russ.]
30. Use of β -carotene in confectionery production / A.T. Vasyukova [et al.] // *Innovative processes in food technologies: science and practice: materials of the International scientific and practical conference.* Moscow: Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbатов, 2019. P. 73-78. [In Russ.]
31. Use of pumpkin pomace powder in enriched cracker technology / N.M. Derkanosova [et al.] // *News of universities. Food technology.* 2019. No. 2/3. P. 46-50. DOI: 10.26297/0579-3009.2019.2-3.12. [In Russ.]

32. Fondant candies enriched with beta-carotene / T.V. Baulina [et al.] // Bulletin of KrasSAU. 2021. No. 9. P. 179-186. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-179-186. [In Russ.]
33. Zein based oil-in-glycerol emulgels enriched with β -carotene as margarine alternatives / X.-W. Chen [et al.] // Food Chemistry. 2016. No. 211. P. 836-844. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.05.133.
34. Drosou C., Krokida M. Enrichment of White Chocolate with Microencapsulated β -Carotene: Impact on Quality Characteristics and β -Carotene Stability during Storage // Foods. 2024. No. 13 (17). P. 2699. DOI: 10.3390/foods13172699.
35. Enrichment of flaxseed (*Linum usitatissimum*) oil with carotenoids of sea buckthorn pomace via ultrasound-assisted extraction technique / V.H. Bhimjiyani [et al.] // Current Research in Food Science. 2021. No. 4. P. 478-488. DOI:10.1016/j.crfs.2021.07.006.
36. Soy protein fibrils- β -carotene interaction mechanisms: Toward high nutrient plant-based mayonnaise / T. Tian [et al.] // LWT. 2023. No. 184. P. 114870. DOI:10.1016/j.lwt.2023.114870.

Информация об авторах / Information about the authors

Лисовая Екатерина Валериевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная Аллея, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7296-6582>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Угрюмова Татьяна Игоревна, младший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная Аллея, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5857-8719>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Шахрай Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная Аллея, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8663-1932>, e-mail: sakrai@yandex.ru

Викторова Елена Павловна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная Аллея, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7517-3684>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Схалыхов Анзаур Адамович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, г. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2246-037X>, e-mail: arama75@mail.ru

Ekaterina V. Lisovaya, PhD (Eng.), Senior Researcher, Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - Branch of the North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7296-6582>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Tatyana I. Ugryumova, Junior Researcher, Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - Branch of the North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5857-8719>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Tatiana A. Shakhrai, Dr Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - Branch of the North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8663-1932>, e-mail: sakrai@yandex.ru

Elena P. Viktorova, PhD (Eng.), Senior Researcher, Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - Branch of the North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7517-3684>, e-mail: kisp@kubannet.ru

Anzaur A. Skhalyakhov, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2246-037X>, e-mail: arama75@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Лисовая Екатерина Валериевна – обзор публикаций по теме статьи, утверждение рукописи для публикации и редактирование

Угрюмова Татьяна Игоревна – оформление статьи по требованиям журнала

Шахрай Татьяна Анатольевна – обзор публикаций по теме статьи, подбор литературных источников

Викторова Елена Павловна – проверка критически важного содержания

Схалыхов Анзаур Адамович – подбор литературных источников

Claimed contribution of authors

Lisovaya Ekaterina Valerievna – review of publications on the topic of the article, approval of the manuscript for publication and editing

Ugryumova Tatyana Igorevna – article design according to the requirements of the Journal
Shakhrai Tatyana Anatolyevna – review of publications on the topic of the article, selection of literary sources

Viktorova Elena Pavlovna – checking of critically important content

Skhalyakhov Anzaur Adamovich – selection of literary sources

Поступила в редакцию 27.12.2024

Поступила после рецензирования 14.02.2025

Принята к публикации 21.02.2025

Received 27.12.2024

Revised 14.02.2025

Accepted 21.02.2025