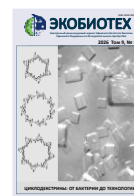




ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

<http://ecobiotech-journal.ru>

УДК 579.67; 604.4



ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ | REVIEW ARTICLE

ИСТОКИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛОДЕКСТРИНОВ В КАЧЕСТВЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ

Романов А.С.

Международная промышленная академия, Москва, Россия

E-mail: romanov@grainfood.ru

THE ORIGINS OF USE OF CYCLODEXTRINS AS A MULTIFUNCTIONAL FOOD ADDITIVE

Romanov A.S.

International Industrial Academy, Moscow, Russia,

E-mail: romanov@grainfood.ru

Аннотация

Циклодекстрины – группа циклических олигосахаридов с уникальной структурой, состоящей из гидрофобной полости, в которую могут встраиваться другие соединения, образуя комплексы включения за счет взаимодействия «хозяин – гость» и изменяя свойства гостевых молекул. Благодаря этой особенности циклодекстрины и их производные имеют широкий спектр практического применения во многих отраслях промышленности, включая фармацевтику, медицину, производство продуктов питания, косметики, хроматографию, катализ, биотехнологию и текстильную промышленность. Первое упоминание о циклодекстринах появилось в 1891 году в работе А. Вильер, и с тех пор эти молекулы продолжают привлекать внимание ученых и промышленников. С середины 1970-х годов циклодекстрины используются в пищевой промышленности, поскольку они способны улучшать и стабилизировать физические свойства и вкус продуктов, а также повышать биодоступность функциональных и нутрицевтических ингредиентов. В обзоре обобщены основные сферы применения ЦД в пищевом производстве и сделан акцент на работы Усанова Николая Глебовича, одного из ведущих российских разработчиков биотехнологии циклодекстринов, посвятившего большую часть своей научной жизни этим циклическим углеводам.

Ключевые слова:

Циклодекстрины, ЦД, комплексы, инкапсуляция, применение, биологически активные соединения, продукты питания

Поступила в редакцию: 22.05.2026

Принята в печать: 11.09.2026

Abstract

Cyclodextrins are a group of cyclic oligosaccharides with a unique hydrophobic cavity structure that may encapsulate other compounds, forming inclusion complexes via host-guest interactions and modifying the properties of the guest molecules. As a result, cyclodextrins and their derivatives are used in a wide range of practical applications in nearly all industrial sectors, including pharmacy, medicine, food, cosmetics, chromatography, catalysis, biotechnology, and textiles. Villiers published the first reference to cyclodextrins in 1891, and since then, and the molecules have remained a great fascination to scientists and industry ever since. Since the mid-1970s, cyclodextrins have been used in the food industry to improve and stabilize the physical properties and taste of products and to enhance the bioavailability of functional and nutritional additives. This review summarizes the main applications of cyclodextrins in food production and highlights the work of Nikolay Glebovich Usanov, one of the leading Russian biotechnology developers of cyclodextrins, who has spent most of his scientific career working with these cyclic carbohydrates.

Keywords:

Cyclodextrins, CD, complexes, encapsulation, application, biologically active compounds, food products

Received: 22.05.2026

Accepted: 11.09.2026

Цитировать | Cite as

DOI: <http://doi.org/10.31163/2618-964X/2026-30> EDN: <https://www.elibrary.ru/ohoooci>

ВВЕДЕНИЕ

Циклодекстрины (ЦД) – это циклические олигосахариды, получаемые ферментативным путем из крахмала. Наиболее известны альфа- (α -), бета- (β -) и гамма- (γ -) ЦД, состоящие соответственно из 6, 7 и 8 остатков D-глюкопиранозы, связанных α -1,4-гликозидными связями. Ферментативная обработка крахмала осуществляется микробными ферментами класса циклодекстринглюканотрансфераз (ЦГТаз, КФ.2.4.1.19) [Lim *et al.* 2021; Rabadiya *et al.* 2024]. Молекулы ЦД имеют гидрофильную внешнюю поверхность и сквозную гидрофобную полость. Гидрофильная поверхность обуславливает хорошую растворимость циклических олигосахаридов в воде, а полость является своеобразной ловушкой неполярных субстанций [Poulson *et al.* 2022].

Способность ЦД образовывать комплексы включения («хозяин–гость») с различными неорганическими, органическими соединениями и биологически активными веществами, позволяет увеличивать их растворимость в водных средах, устойчивость к окислению и гидролизу, позволяет создавать пролонгированные формы лекарственных препаратов, обеспечивать более длительный срок их хранения и т.д. Эта характерная особенность открывает широкие возможности для их применения в фармацевтике, косметике, продуктах питания, гигиене и туалетных принадлежностях, биотехнологии, медицине, радиологии, агрохимии, катализе, упаковке, текстильной промышленности, нанотехнологиях и обработке почвы и воды [Fenyvesi *et al.* 2016; Kfoury *et al.* 2019; Astray *et al.* 2020; Dhiman, Bhatia 2020; Gentili 2020; Matencio *et al.* 2020; Morillo *et al.* 2020; Viernstein, Wolschann 2020; Pardhi *et al.* 2023; Musuc 2024; Urooj *et al.* 2024; Saffarionpour 2026].

В этом обзоре обобщены основные сферы применения ЦД в пищевой промышленности, и сделан акцент на работы, идейным вдохновителем и непосредственным участником которых являлся старший научный сотрудник Института биологии УНЦ РАН Николай Глебович Усанов.

Циклодекстрины начали использовать в пищевой промышленности в середине 1970-х годов, после того как первые токсикологические исследования показали, что β -ЦД при пероральном приеме является безвредным веществом. Это привело к впечатляющему прогрессу в данной области. В 1976 году Япония разрешила применение ЦД в качестве пищевой добавки. Продавались порошкообразные ароматизаторы, например, со вкусом яблока и цитрусовых, специи, например, хрен, васаби и горчица, а также травы, такие как мята перечная. Среди других продуктов питания, содержащих ЦД или изготовленных с использованием ЦД, были шоколад (Choco Bar™), жевательная резинка (Flavono™) и порошкообразный зеленый чай (Stick Lemon™). В 1992 году в Бельгии появилось сливочное масло с низким содержанием холестерина, приготовленное путем смешивания ЦД с топленым сливочным маслом, под торговой маркой Balade™. Выпускались и другие молочные продукты с низким содержанием холестерина, такие как сыр (Natuall™ во Франции), сливки и яйца (Simply eggs™ в США). Среди других примеров – пенящийся кофе (Nescafé® от Nestlé), пиво (Flavor Aktiv™ в Великобритании) и пищевые добавки. [Morin-Crini *et al.* 2021].

Научный комитет по пищевым продуктам (SCF, Scientific committee on food) в 1996 году установил допустимую суточную дозу (ADI, Acceptable daily intake) β -ЦД в размере 5 мг/кг массы тела в сутки [Kelanne *et al.* 2024]. В 2000-х годах α -, β - и γ -ЦД были включены в список безопасных пищевых добавок Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) под статусом общепризнанных безопасных (GRAS) (Generally recognized as safe – «общепризнанно безопасным») как E 457, E 459, E 458 соответственно [Morin-Crini *et al.* 2021].

Циклодекстрины находят широкое применение в пищевой промышленности в качестве добавок для микрокапсулирования различных соединений в пищевых продуктах с целью улучшения сенсорных свойств: защита чувствительных к кислороду, свету или температуре соединений от деградации; стабилизация ароматов; предотвращение ферментативного потемнения; подавление неприятных вкусов и запахов, таких как горечь и посторонние привкусы [Astray *et al.* 2009; Matencio *et al.* 2020; Tian *et al.* 2020; Gonzalez Pereira *et al.* 2021; Kelanne *et al.* 2024; Saffarionpour 2026].

Инкапсуляция в ЦД позволяет стабилизировать вещества, чувствительные к свету (ультрафиолету) и теплу, а также нестабильные ингредиенты, которые легко окисляются или гидролизуются. Этот эффект используется для предотвращения улетучивания ароматических веществ, изменения цвета/выцветания пигментов. Например, аллилизотиоцианат, острый компонент васаби и горчичного масла, является летучим веществом и легко вступает в реакцию с некоторыми нуклеофилами, такими как вода, каротиноиды и витамин А. Под воздействием света и воздуха его цвет тускнеет. Витамин D3 нестабилен при высоких температурах, а ненасыщенные жирные кислоты, содержащиеся в рыбьем жире, разрушаются под воздействием тепла и кислорода. ЦД может защитить от этих проблем за счет образования стабильных комплексов включения [Na *et al.* 2011; Bakirova *et al.* 2020; Ghorbanzade *et al.* 2022; Sun *et al.* 2023]. При инкапсуляции витамина А с β -ЦД повышается как растворимость витамина А в водных средах, так и его устойчивость к различным внешним факторам (температуре, свету и кислороду) [Xu *et al.* 2021]. Комплексы включения между ЦД и полифенолами могут предотвращать изменение цвета напитков

посредством ингибирования ферментативного потемнения полифенолоксидазой [Astray *et al.* 2009; Rho *et al.* 2021].

Комплексообразование с ЦД предотвращает попадание влаги в гигроскопичные вещества в твердом состоянии. Нетвердые вещества, такие как газы и масла, также можно превратить в стабильные порошки, инкапсулировав их с помощью ЦД, что упрощает работу с ними. Этот метод применяется, например, при производстве порошкообразных ароматизаторов и сухого меда. Порошкообразный ароматизатор с ЦД позволяет легко контролировать летучесть ароматизатора в зависимости от температуры и влажности [Nguyen, Yoshii 2018].

Нерастворимые в воде ингредиенты вызывают помутнение и осаждение, что может негативно сказаться на качестве пищевых продуктов, особенно напитков. Образование комплекса включения с помощью ЦД может препятствовать агрегации нерастворимых в воде ингредиентов, повышая их растворимость и диспергируемость в воде. Поэтому ЦД используются, например, при производстве цитрусовых продуктов, чайных напитков и супов. ЦД также могут образовывать стабильные эмульсии или взбитые смеси с маслами и некоторыми видами белков, и этот эффект использовался в хлебобулочных и кондитерских изделиях и молочных коктейлях [Astray *et al.* 2020]. Его также можно использовать в заправках, похожих на майонез без яиц. β -ЦД использовался в качестве средства для удаления холестерина из яичного желтка и продуктов повседневного потребления путем образования водонерастворимого комплекса с холестерином [Fenyvesi *et al.* 2016].

Обработка ЦД – эффективный способ уменьшения нежелательных привкусов, таких как горечь, и посторонних привкусов в некоторых пищевых продуктах. α -ЦД использовался для уменьшения горечи гидролизата аминокислот и соевого белка [Linde *et al.* 2009]. β -ЦД – для устранения нежелательных привкусов, таких как бобовый привкус соевого белка и соевого молока [Arora, Damodaran 2011; Lee *et al.* 2020], привкус ненасыщенных альдегидов в арбузе [Yang *et al.* 2020], горечи сока горькой тыквы [Deshaware *et al.* 2018] и «козьего» привкуса некоторых жирных кислот с разветвленной цепью в козьем молоке [Wang *et al.* 2018]. γ -ЦД применялся для уменьшения горького вкуса относительно более крупных соединений, таких как тритерпеноидный сапонин красного женьшеня [Tamamoto *et al.* 2010].

Начало российских исследований ЦД связано с несколькими научными группами, работавших как в области фундаментальных исследований, так и над проблемами эффективного синтеза ЦД, развития сфер их применения. В этой связи в первую очередь следует упомянуть научные коллективы Института биологии УНЦ РАН, Московского государственного университета и Московского технологического института пищевой промышленности (ныне «РОСБИОТЕХ»). Существенный вклад в развитие представлений о функциональных возможностях ЦД внесли многие учёные, в том числе Е.Д. Альперович, И.М. Грачева, Н.Г. Усанов, А.И. Мелентьев, О.Н. Логинов др.

Активные исследования по поиску перспективных направлений применения ЦД для улучшения качества и повышения пищевой ценности продуктов питания начались в СССР еще до того, как ЦД были внесены в европейские регламенты пищевых добавок.

Исследования, проведенные по инициативе Н.Г. Усанова, были посвящены интенсификации производства, повышению пищевой ценности, улучшению качества и стабилизации свойств пищевых продуктов из сырья растительного происхождения, за счёт использования полифункциональных возможностей ЦД и их инклюзионных комплексов. Выявлены ключевые закономерности, определяющие трансформацию структурно-механических, компрессионных и сорбционных характеристик циклодекстриновых продуктов в процессе хранения, а также идентифицированы факторы, оказывающие на эти изменения существенное влияние. Кроме того, было изучено, как ЦД воздействуют на кристаллизацию сахарозы, клейстеризацию крахмала, модификацию состояния воды в пищевых матрицах, а также на формирование и стабилизацию структур полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов [Романов 1998а].

Сформулированы теоретические и практические аспекты применения ЦД при производстве хлеба. Разработаны технологии хлебобулочных изделий, способствующие производству продукции с улучшенными потребительскими характеристиками при переработке сырья (муки и дрожжей) неудовлетворительного качества за счет внесения ЦД на различных стадиях тестоприготовления [Романов и др. 1992а, б].

Разработаны технологии, способствующие ускорению производственных процессов при одновременном повышении пищевой ценности хлеба из муки или цельного зерна, за счет внесения

лабильных биологически активных веществ в составе инклюзионных комплексов с ЦД [Романов и др. 1995; Романов 1997, 1998b].

Предложены методики изготовления хлеба, предполагающие внесение фермента ЦГТазы на стадии приготовления заварки, что обеспечивает синтез ЦД непосредственно в ходе технологического процесса производства хлеба [Романов и др. 1992c].

Комплексными исследованиями закономерностей процессов, протекающих при хранении многокомпонентных смесей, показана роль ЦД в стабилизации свойств сыпучих концентратов мучных кондитерских изделий. Установлено, что включение в состав полуфабрикатов с длительным сроком хранения биологически-активных и ароматизирующих веществ, инкапсулированных в инклюзионные комплексы с ЦД препятствует развитию посторонней микрофлоры, повышает биологическую ценность и улучшает органолептические свойства готовых изделий. Разработаны технологии производства макаронных изделий из хлебопекарной муки, безбелковых макаронных изделий и экструзионных продуктов [Романов и др. 1994а; Романов 1997b], в которых высокое качество изделий обеспечивается благодаря интенсификации взаимодействия ЦД с компонентами сырья. Инкапсуляция биологически активных и ароматизирующих компонентов в форме циклодекстриновых комплексов обеспечивает их стабильность и предотвращает деградацию на стадиях экструдирования (формования), послеэкструзионной обработки и хранения изделий.

Применение инклюзионных комплексов β -каротина с β -ЦД для приготовления выпеченных и отделочных полуфабрикатов [Романов, Плосконосова 2001], позволяет не только стабилизировать кондитерские пены и эмульсии, но и добиться повышения витаминной ценности мучных кондитерских изделий. Проведена медико-биологическая оценка эффективности применения инклюзионных комплексов ЦД для покрытия дефицита β -каротина. Разработаны нормативные документы, регулирующие производство бисквитного полуфабриката, сливочного крема, печенья и пряников с использованием инновационных циклодекстриновых комплексов.

Выявлена схожесть процессов, инициируемых ЦД в жировых начинках, пралиновых массах и какао продуктах. Установлено, что ЦД в кондитерских массах способны модулировать процессы кристаллизации жиров и демонстрировать поверхностно-активные свойства. Разработаны способы производства шоколадных [Романов и др. 1995а] и ореховых масс [Романов, Усанов 1999], в которых использование ЦД способствует улучшению их реологических характеристик, сокращению расхода сырьевых компонентов и интенсификации производства готовой продукции.

Внесение в состав сухой смеси для шипучего напитка красителей, ароматизаторов и биологически активных веществ в виде инклюзионных комплексов с ЦД позволяет стабилизировать свойства смеси при хранении, повысить биологическую ценность и улучшить органолептические свойства готового напитка [Романов и др. 1996b]. Внесение ЦД в пиво снижает количество потенциальных образований мути, увеличивая тем самым коллоидную стойкость готового напитка [Пермякова и др. 1996].

Разработаны методы повышения эффективности комплексообразования, в которых реакционная смесь концентрируется с последующим соединением с инертным наполнителем [Романов и др. 1993], подвергается экструзионной [Романов и др. 1996а] или ультразвуковой [Романов и др. 1994b] обработке.

В настоящее время продолжают разработки по применению циклодекстринов в пищевых технологиях. Особое внимание уделяется их влиянию на крахмалосодержащие продукты: в частности, способности ЦД воздействовать на процессы ретроградации систем «крахмал/амилоза» [Yang *et al.* 2022] и улучшать текстурные характеристики хлеба [Zhou *et al.* 2019b], макаронных изделий [Durante *et al.* 2019] и теста [Zhou *et al.* 2019a]. Присутствие определенных циклодекстринов в таких продуктах не только сказывается на их качестве и сроках хранения, но и зачастую повышает их пищевую ценность, влияя на процессы высвобождения и усвоения глюкозы после употребления этих продуктов в пищу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обзоре приведены основные эффекты применения циклодекстринов в пищевой промышленности. Показано, что эти уникальные молекулы не только улучшают и стабилизируют качество продуктов, в том числе их физические свойства и вкус, но и повышают биодоступность ингредиентов. Кроме того, ЦД используются в качестве упаковочного материала для контроля созревания продуктов и антибактериальной обработки. Особое внимание уделено работам Усанова

Н.Г. На основе обобщения его теоретических разработок и анализа результатов исследований, выполненных под его руководством и при его участии, научно обоснованы ключевые векторы и сферы практического использования циклодекстринов и их инклюзионных комплексов в качестве полифункциональных пищевых агентов, открывающие перспективы комплексного решения актуальных задач, направленных на повышения пищевой ценности, улучшения качества, стабилизации свойств и оптимизацию процессов изготовления пищевой продукции.

Конфликт интересов | Conflicts of Interest

Автор заявляет отсутствие явных или потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией этой статьи. The authors declare no actual or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Пермякова Л.В., Романов А.С., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1996) Способ стабилизации пива. Патент № RU 2053287 C1. EDN: [JWYOJU](#)
- Романов А.С. (1997a) Способ производства хлеба. Патент № RU 2092057 C1. EDN: [LIDUZK](#)
- Романов А.С. (1997b) Способ производства экструзионных продуктов. Патент № RU 2086163 C1. EDN: [COXCYO](#)
- Романов А.С. (1998a) Циклодекстрины - полифункциональные пищевые добавки. Издательство Кемеровского технологического института пищевой промышленности. Кемерово: 147.
- Романов А.С. (1998b) Способ производства зернового хлеба. Патент № RU 2102888 C1. EDN: [OFJDDF](#)
- Романов А.С., Ангерсбах А.К., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1993) Способ производства порошкообразного концентрата сока. Патент № SU 1787012. EDN: [STTCES](#)
- Романов А.С., Вандакурова Н.И., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1994a) Способ получения макаронных изделий. Патент № RU 2016525 C1. EDN: [LEAIIO](#)
- Романов А.С., Краус С.В., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1996a) Способ получения пищевой добавки. Патент № RU 2055490 C1. EDN: [SXFUGZ](#)
- Романов А.С., Назимова Г.И., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1995a) Способ получения шоколадной массы. Патент № RU 2039457 C1. EDN: [LETCSE](#)
- Романов А.С., Плосконосова Е.А. (2001) Способ производства бисквита. Патент № RU 2163074 C2. EDN: [ZNAHSX](#)
- Романов А.С., Помозова Н.Г., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1996b) Сухая смесь для получения шипучего безалкогольного напитка. Патент № RU 2059395 C1. EDN: [EMTBHI](#)
- Романов А.С., Савицкий А.К., Фомин О.В. (1995b) Способ производства зернового хлеба. Патент № RU 2043044 C1. EDN: [LYAPML](#)
- Романов А.С., Усанов Н.Г. (1999) Ореховая масса. Патент № RU 2128453 C1. EDN: [PVG BHY](#)
- Романов А.С., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1992a) Способ производства хлеба. Авторское свидетельство № SU 1729358 A1, МКИ A21D 8/02/. EDN: [JMKTFI](#)
- Романов А.С., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1992b) Способ производства пшеничного хлеба. Авторское свидетельство № SU 1734623 A1, МКИ A21D 8/02/. EDN: [GYPZAU](#)
- Романов А.С., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1992c) Способ приготовления теста. Авторское свидетельство № SU 1750571 A1, МКИ A21 D 8/04. EDN: [WTLFOE](#)
- Романов А.С., Усанов Н.Г., Мелентьев А.И., Логинов О.Н. (1994b) Способ производства ароматизатора. Патент № RU 2016526 C1. EDN: [QOODEL](#)
- Arora A., Damodaran S. (2011) Removal of soy protein-bound phospholipids by a combination of sonication, β -cyclodextrin, and phospholipase A2 treatments. *Food Chemistry*. **127**(3): 1007–1013. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.073> EDN: [OBZEXR](#)
- Astray G., Gonzalez-Barreiro C., Mejuto J.C., Rial-Otero R., Simal-Gándara J. (2009) A review on the use of cyclodextrins in foods. *Food Hydrocolloids*. **23**(7): 1631–1640. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.01.001>
- Astray G., Mejuto J.C., Simal-Gandara J. (2020) Latest developments in the application of cyclodextrin host-guest complexes in beverage technology processes. *Food Hydrocolloids*. **106**: 105882. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105882> EDN: [MYDGRO](#)
- Bakirova R., Nukhuly A., Iskineyeva A., Fazylov S., Burkeyev M., Mustafayeva A., Minayeva Y., Sarsenbekova A. (2020) Obtaining and investigation of the β -cyclodextrin inclusion complex with vitamin D₃ oil solution. *Scientifica*. **2020**: 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/6148939> EDN: [TVGSWF](#)

- Deshaware S., Gupta S., Singhal R.S., Joshi M., Variyar P.S. (2018) Debittering of bitter gourd juice using β -cyclodextrin: Mechanism and effect on antidiabetic potential. *Food Chemistry*. **262**: 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.077> EDN: YGXCNF
- Dhiman P., Bhatia M. (2020) Pharmaceutical applications of cyclodextrins and their derivatives. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*. **98**(3–4): 171–186. <https://doi.org/10.1007/s10847-020-01029-3> EDN: ALQDBK
- Durante M., Lenucci M.S., Gazza L., Taddei F., Nocente F., De Benedetto G.E., De Caroli M., Piro G., Mita G. (2019) Bioactive composition and sensory evaluation of innovative spaghetti supplemented with free or α -cyclodextrin chlated pumpkin oil extracted by supercritical CO₂. *Food Chemistry*. **294**: 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.032>
- Fenyvesi É., Vikmon M., Szenté L. (2016) Cyclodextrins in food technology and human nutrition: Benefits and limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **56**(12): 1981–2004. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.809513> EDN: WPXYKZ
- Gentili A. (2020) Cyclodextrin-based sorbents for solid phase extraction. *Journal of Chromatography A*. **1609**: 460654. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460654> EDN: XEORRX
- Ghorbanzade T., Akhavan-Mahdavi S., Kharazmi M.S., Ibrahim S.A., Jafari S.M. (2022) Loading of fish oil into β -cyclodextrin nanocomplexes for the production of a functional yogurt. *Food Chemistry: X*. **15**: 100406. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100406> EDN: BZVBZN
- Gonzalez Pereira A., Carpena M., García Oliveira P., Mejuto J.C., Prieto M.A., Simal Gandara J. (2021) Main applications of cyclodextrins in the food industry as the compounds of choice to form host–guest complexes. *International Journal of Molecular Sciences*. **22**(3): 1339. <https://doi.org/10.3390/ijms22031339> EDN: ITNRDE
- Kelanne N., Yang B., Laaksonen O. (2024) Potential of cyclodextrins in food processing for improving sensory properties of food. *Food Innovation and Advances*. **3**(1): 1–10. <https://doi.org/10.48130/fia-0024-0001> EDN: ZLWJHU
- Kfoury M., Auezova L., Greige-Gerges H., Fourmentin S. (2019) Encapsulation in cyclodextrins to widen the applications of essential oils. *Environmental Chemistry Letters*. **17**(1): 129–143. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0783-y> EDN: ESZFHU
- Lee E.-J., Kim H., Lee J.Y., Ramachandraiah K., Hong G.-P. (2020) β -Cyclodextrin-mediated beany flavor masking and textural modification of an isolated soy protein-based yuba film. *Foods*. **9**(6): 818. <https://doi.org/10.3390/foods9060818> EDN: POUXNT
- Lim C.H., Rasti B., Sulistyo J., Hamid M.A. (2021) Comprehensive study on transglycosylation of CGTase from various sources. *Heliyon*. **7**(2): e06305. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06305> EDN: JLVMUZ
- Linde G.A., Junior A.L., Faria E.V. de, Colauto N.B., Moraes F.F. de, Zanin G.M. (2009) Taste modification of amino acids and protein hydrolysate by α -cyclodextrin. *Food Research International*. **42**(7): 814–818. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.016>
- Matencio A., Navarro-Orcajada S., García-Carmona F., López-Nicolás J.M. (2020) Applications of cyclodextrins in food science. A review. *Trends in Food Science & Technology*. **104**: 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.009> EDN: ERXRUM
- Morillo E., Madrid F., Lara-Moreno A., Villaverde J. (2020) Soil bioremediation by cyclodextrins. A review. *International Journal of Pharmaceutics*. **591**: 119943. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.119943> EDN: CHPVWN
- Morin-Crini N., Fourmentin S., Fenyvesi É., Lichtfouse E., Torri G., Fourmentin M., Crini G. (2021) 130 years of cyclodextrin discovery for health, food, agriculture, and the industry: A review. *Environmental Chemistry Letters*. **19**(3): 2581–2617. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01156-w> EDN: DATSGS
- Musuc A.M. (2024) Cyclodextrins: Advances in chemistry, toxicology, and multifaceted applications. *Molecules*. **29**(22): 5319. <https://doi.org/10.3390/molecules29225319> EDN: IEXIMB
- Na H.-S., Kim J.-N., Kim J.-M., Lee K.-Y. (2011) Encapsulation of fish oil using cyclodextrin and whey protein concentrate. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. **16**(6): 1077–1082. <https://doi.org/10.1007/s12257-011-0099-2> EDN: QZSKTE
- Nguyen T.V.A., Yoshii H. (2018) Release behavior of allyl sulfide from cyclodextrin inclusion complex of allyl sulfide under different storage conditions. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. **82**(5): 848–855. <https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1440173>
- Pardhi D.S., Rabadiya K.J., Panchal R.R., Raval V.H., Joshi R.G., Rajput K.N. (2023) Cyclodextrin glucanotransferase: fundamentals and biotechnological implications. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **107**(19): 5899–5907. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12708-9> EDN: GVNFIYI

- Poulson B.G., Alsulami Q.A., Sharfalddin A., El Agammy Emam.F., Mouffouk F., Emwas A.-H., Jaremko L., Jaremko M. (2022) Cyclodextrins: Structural, chemical, and physical properties, and applications. *Polysaccharides*. **3**(1): 1–31. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides3010001> EDN: DMIZDK
- Rabadiya K., Pardhi D., Thaker K., Patoliya J., Rajput K., Joshi R. (2024) A review on recent upgradation and strategies to enhance cyclodextrin glucanotransferase properties for its applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. **259**: 129315. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129315> EDN: JPTDVI
- Rho S.-J., Mun S., Park J., Kim Y.-R. (2021) Retarding oxidative and enzymatic degradation of phenolic compounds using large-ring cycloamylose. *Foods*. **10**(7): 1457. <https://doi.org/10.3390/foods10071457> EDN: QSANUC
- Saffarionpour S. (2026) Cyclodextrins as supramolecular agents for enhancing the separation performance of deep eutectic solvents: An overview of food and pharmaceutical applications. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*. **106**(1–2): 65–93. <https://doi.org/10.1007/s10847-025-01323-y> EDN: VLFMNB
- Sun N., Zhang M., Zhu W., Song P., Dai T., Huang P., Han Z., Wang D. (2023) Allyl isothiocyanate dry powder inhaler based on cyclodextrin-metal organic frameworks for pulmonary delivery. *iScience*. **26**(1): 105910. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105910> EDN: ZORPHI
- Tamamoto L.C., Schmidt S.J., Lee S. (2010) Sensory properties of ginseng solutions modified by masking agents. *Journal of Food Science*. **75**(7). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01749.x>
- Tian B., Xiao D., Hei T., Ping R., Hua S., Liu J. (2020) The application and prospects of cyclodextrin inclusion complexes and polymers in the food industry: A review. *Polymer International*. **69**(7): 597–603. <https://doi.org/10.1002/pi.5992> EDN: JGAGOW
- Urooj T., Mishra M., Pandey S. (2024) Unlocking environmental solutions: a review of cyclodextrins in pollutant removal. *Discover Environment*. **2**(1): 65. <https://doi.org/10.1007/s44274-024-00090-w> EDN: EGSNTP
- Viernstein H., Wolschann P. (2020) Cyclodextrin inclusion complexation and pharmaceutical applications. *ScienceAsia*. **46**(3): 254. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2020.048> EDN: XFELAP
- Wang C., Wang C., Gao F., Xu Y., Guo M. (2018) Effects of polymerized whey protein on goaty flavor and texture properties of fermented goat milk in comparison with β -cyclodextrin. *Journal of Dairy Research*. **85**(4): 465–471. <https://doi.org/10.1017/S0022029918000742>
- Xu X., Peng S., Bao G., Zhang H., Yin C. (2021) β -cyclodextrin inclusion complexes with vitamin A and its esters: A comparative experimental and molecular modeling study. *Journal of Molecular Structure*. **1223**: 129001. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.129001> EDN: YPUQCI
- Yang L., Cai J., Qian H., Li Y., Zhang H., Qi X., Wang L., Cao G. (2022) Effect of cyclodextrin glucosyltransferase extracted from *Bacillus xiaoxiensis* on wheat dough and bread properties. *Frontiers in Nutrition*. **9**. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1026678> EDN: HEVOUS
- Yang X., Yang F., Liu Y., Li J., Song H. (2020) Off-flavor removal from thermal-treated watermelon juice by adsorbent treatment with β -cyclodextrin, xanthan gum, carboxymethyl cellulose sodium, and sugar/acid. *LWT*. **131**: 109775. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109775> EDN: WRAAOD
- Zhou J., Ke Y., Barba F.J., Xiao S., Hu X., Qin X., Ding W., Lyu Q., Wang X., Liu G. (2019a) The addition of α -cyclodextrin and γ -cyclodextrin affect quality of dough and prebaked bread during frozen storage. *Foods*. **8**(5): 174. <https://doi.org/10.3390/foods8050174>
- Zhou J., Yang H., Qin X., Hu X., Liu G., Wang X. (2019b) Effect of β -cyclodextrin on the quality of wheat flour dough and prebaked bread. *Food Biophysics*. **14**(2): 173–181. <https://doi.org/10.1007/s11483-019-09566-2> EDN: WGHQGD

REFERENCES

- Permjakova L.V., Romanov A.S., Usanov N.G., Melent'ev A.I., Loginov O.N. (1996) Method for stabilizing beer. Patent № RU 2053287 C1. EDN: JWYOJU (in Russian)
- Romanov A.S. (1997a) Method for bread production. Patent № RU 2092057 C1. EDN: LJDUZK (in Russian)
- Romanov A.S. (1997b) Method of manufacturing extrusion products. Patent № RU 2086163 C1. EDN: COXCYO (in Russian)
- Romanov A.S. (1998a) Cyclodextrins – polyfunctional food additives [Tsiklodekstriny - polifunktsionalnye pishchevye dobavki]. Kemerovo Technological Institute of Food Industry Publishing. Kemerovo: 147. (in Russian)
- Romanov A.S. (1998b) Method for preparing cereal bread. Patent № RU 2102888 C1. EDN: OFJDDF (in Russian)

- Romanov A.S., Angersbakh A.K., Usanov N.G., Melentev A.I., Loginov O.N. (1993) Method for production powder concentrate of juice. Patent № SU 1787012. EDN: [STTCEX](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Vandakurova N.I., Usanov N.G., Melent'ev A.I., Loginov O.N. (1994a) Method of macaroni articles preparing. Patent № RU 2016525 C1. EDN: [LEAIIO](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Kraus S.V., Usanov N.G., Melent'ev A.I., Loginov O.N. (1996a) Method of food addition preparing. Patent № RU 2055490 C1. EDN: [SXFUGZ](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Nazimova G.I., Usanov N.G., Melent'ev A.I., Loginov O.N. (1995a) Method for production of chocolate. Patent № RU 2039457 C1. EDN: [LETCSE](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Ploskonosova E.A. (2001) Method of biscuit production. Patent № RU 2163074 C2. EDN: [ZNAHSX](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Pomozova V.A., Usanov N.G., Melent'ev A.I., Loginov O.N. (1996b) Dry mixture for production of soft nonalcoholic drink. Patent № RU 2059395 C1 EDN: [EMTBHI](#). (in Russian)
- Romanov A.S., Savitskij A.K., Fomin O.V. (1995b) Bread production method. Patent № RU 2043044 C1. EDN: [LYAPML](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Usanov N.G. (1999) Nut mass. Patent № RU 2128453 C1. EDN: [PVGBHY](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Usanov N.G., Melentev A.I., Loginov O.N. (1992a) Method of baking bread. Inventor's Certificate No. SU 1729358 A1, IPC A21D 8/02/. EDN: [JMKTFI](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Usanov N.G., Loginov O.N., Melentev A.I. (1992b) Method for producing wheat bread. Inventor's Certificate No. SU 1734623 A1, IPC A21D 8/02/. EDN: [GYPZAU](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Usanov N.G., Melentev A.I., Loginov O.N. (1992c) Method of dough making. Inventor's Certificate No. SU 1750571 A1, IPC A21 D 8/04. EDN: [WTLFOF](#) (in Russian)
- Romanov A.S., Usanov N.G., Melent'ev A.I., Loginov O.N. (1994b) Method of aromatic principle producing. Patent № RU 2016526 C1. EDN: [QOODFL](#) (in Russian)
- Arora A., Damodaran S. (2011) Removal of soy protein-bound phospholipids by a combination of sonication, β -cyclodextrin, and phospholipase A2 treatments. *Food Chemistry*. **127**(3): 1007–1013. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.073> EDN: [OBZEXR](#)
- Astray G., Gonzalez-Barreiro C., Mejuto J.C., Rial-Otero R., Simal-Gándara J. (2009) A review on the use of cyclodextrins in foods. *Food Hydrocolloids*. **23**(7): 1631–1640. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.01.001>
- Astray G., Mejuto J.C., Simal-Gandara J. (2020) Latest developments in the application of cyclodextrin host-guest complexes in beverage technology processes. *Food Hydrocolloids*. **106**: 105882. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105882> EDN: [MYDGRO](#)
- Bakirova R., Nukhuly A., Iskinayeva A., Fazylov S., Burkeyev M., Mustafayeva A., Minayeva Y., Sarsenbekova A. (2020) Obtaining and investigation of the β -cyclodextrin inclusion complex with vitamin D₃ oil solution. *Scientifica*. **2020**: 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/6148939> EDN: [TVGSWE](#)
- Deshaware S., Gupta S., Singhal R.S., Joshi M., Variyar P.S. (2018) Debitting of bitter gourd juice using β -cyclodextrin: Mechanism and effect on antidiabetic potential. *Food Chemistry*. **262**: 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.077> EDN: [YGXCNE](#)
- Dhiman P., Bhatia M. (2020) Pharmaceutical applications of cyclodextrins and their derivatives. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*. **98**(3–4): 171–186. <https://doi.org/10.1007/s10847-020-01029-3> EDN: [ALQDBK](#)
- Durante M., Lenucci M.S., Gazza L., Taddei F., Nocente F., De Benedetto G.E., De Caroli M., Piro G., Mita G. (2019) Bioactive composition and sensory evaluation of innovative spaghetti supplemented with free or α -cyclodextrin chlated pumpkin oil extracted by supercritical CO₂. *Food Chemistry*. **294**: 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.032>
- Fenyvesi É., Vikmon M., Szenté L. (2016) Cyclodextrins in food technology and human nutrition: Benefits and limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **56**(12): 1981–2004. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.809513> EDN: [WPXYKZ](#)
- Gentili A. (2020) Cyclodextrin-based sorbents for solid phase extraction. *Journal of Chromatography A*. **1609**: 460654. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460654> EDN: [XEORRX](#)
- Ghorbanzade T., Akhavan-Mahdavi S., Kharazmi M.S., Ibrahim S.A., Jafari S.M. (2022) Loading of fish oil into β -cyclodextrin nanocomplexes for the production of a functional yogurt. *Food Chemistry: X*. **15**: 100406. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100406> EDN: [BZVBZN](#)
- Gonzalez Pereira A., Carpena M., García Oliveira P., Mejuto J.C., Prieto M.A., Simal Gandara J. (2021) Main applications of cyclodextrins in the food industry as the compounds of choice to form host-guest complexes. *International Journal of Molecular Sciences*. **22**(3): 1339. <https://doi.org/10.3390/ijms22031339> EDN: [ITNRDE](#)

- Kelanne N., Yang B., Laaksonen O. (2024) Potential of cyclodextrins in food processing for improving sensory properties of food. *Food Innovation and Advances*. **3**(1): 1–10. <https://doi.org/10.48130/fia-0024-0001> EDN: ZLWJHU
- Kfoury M., Auezova L., Greige-Gerges H., Fourmentin S. (2019) Encapsulation in cyclodextrins to widen the applications of essential oils. *Environmental Chemistry Letters*. **17**(1): 129–143. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0783-y> EDN: ESZFHU
- Lee E.-J., Kim H., Lee J.Y., Ramachandraiah K., Hong G.-P. (2020) β -Cyclodextrin-mediated beany flavor masking and textural modification of an isolated soy protein-based yuba film. *Foods*. **9**(6): 818. <https://doi.org/10.3390/foods9060818> EDN: POUXNT
- Lim C.H., Rasti B., Sulistyo J., Hamid M.A. (2021) Comprehensive study on transglycosylation of CGTase from various sources. *Heliyon*. **7**(2): e06305. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06305> EDN: JLVMUZ
- Linde G.A., Junior A.L., Faria E.V. de, Colauto N.B., Moraes F.F. de, Zanin G.M. (2009) Taste modification of amino acids and protein hydrolysate by α -cyclodextrin. *Food Research International*. **42**(7): 814–818. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.016>
- Matencio A., Navarro-Orcajada S., García-Carmona F., López-Nicolás J.M. (2020) Applications of cyclodextrins in food science. A review. *Trends in Food Science & Technology*. **104**: 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.009> EDN: ERXRUM
- Morillo E., Madrid F., Lara-Moreno A., Villaverde J. (2020) Soil bioremediation by cyclodextrins. A review. *International Journal of Pharmaceutics*. **591**: 119943. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.119943> EDN: CHPVWN
- Morin-Crini N., Fourmentin S., Fenyvesi É., Lichtfouse E., Torri G., Fourmentin M., Crini G. (2021) 130 years of cyclodextrin discovery for health, food, agriculture, and the industry: A review. *Environmental Chemistry Letters*. **19**(3): 2581–2617. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01156-w> EDN: DATSGS
- Musuc A.M. (2024) Cyclodextrins: Advances in chemistry, toxicology, and multifaceted applications. *Molecules*. **29**(22): 5319. <https://doi.org/10.3390/molecules29225319> EDN: IEXIMB
- Na H.-S., Kim J.-N., Kim J.-M., Lee K.-Y. (2011) Encapsulation of fish oil using cyclodextrin and whey protein concentrate. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. **16**(6): 1077–1082. <https://doi.org/10.1007/s12257-011-0099-2> EDN: QZSKTF
- Nguyen T.V.A., Yoshii H. (2018) Release behavior of allyl sulfide from cyclodextrin inclusion complex of allyl sulfide under different storage conditions. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. **82**(5): 848–855. <https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1440173>
- Pardhi D.S., Rabadiya K.J., Panchal R.R., Raval V.H., Joshi R.G., Rajput K.N. (2023) Cyclodextrin glucanotransferase: fundamentals and biotechnological implications. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **107**(19): 5899–5907. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12708-9> EDN: GVNIFY
- Poulson B.G., Alsulami Q.A., Sharfaldin A., El Agammy Emam.F., Mouffouk F., Emwas A.-H., Jaremko L., Jaremko M. (2022) Cyclodextrins: Structural, chemical, and physical properties, and applications. *Polysaccharides*. **3**(1): 1–31. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides3010001> EDN: DMIZDK
- Rabadiya K., Pardhi D., Thaker K., Patoliya J., Rajput K., Joshi R. (2024) A review on recent upgradation and strategies to enhance cyclodextrin glucanotransferase properties for its applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. **259**: 129315. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129315> EDN: JPTDVI
- Rho S.-J., Mun S., Park J., Kim Y.-R. (2021) Retarding oxidative and enzymatic degradation of phenolic compounds using large-ring cycloamylose. *Foods*. **10**(7): 1457. <https://doi.org/10.3390/foods10071457> EDN: QSANUC
- Saffarionpour S. (2026) Cyclodextrins as supramolecular agents for enhancing the separation performance of deep eutectic solvents: An overview of food and pharmaceutical applications. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*. **106**(1–2): 65–93. <https://doi.org/10.1007/s10847-025-01323-y> EDN: VLFMNB
- Sun N., Zhang M., Zhu W., Song P., Dai T., Huang P., Han Z., Wang D. (2023) Allyl isothiocyanate dry powder inhaler based on cyclodextrin-metal organic frameworks for pulmonary delivery. *iScience*. **26**(1): 105910. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105910> EDN: ZORPHI
- Tamamoto L.C., Schmidt S.J., Lee S. (2010) Sensory properties of ginseng solutions modified by masking agents. *Journal of Food Science*. **75**(7). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01749.x>
- Tian B., Xiao D., Hei T., Ping R., Hua S., Liu J. (2020) The application and prospects of cyclodextrin inclusion complexes and polymers in the food industry: A review. *Polymer International*. **69**(7): 597–603. <https://doi.org/10.1002/pi.5992> EDN: JGAGOW

- Urooj T., Mishra M., Pandey S. (2024) Unlocking environmental solutions: a review of cyclodextrins in pollutant removal. *Discover Environment*. 2(1): 65. <https://doi.org/10.1007/s44274-024-00090-w> EDN: EGSNTP
- Viernstein H., Wolschann P. (2020) Cyclodextrin inclusion complexation and pharmaceutical applications. *ScienceAsia*. 46(3): 254. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2020.048> EDN: XFELAP
- Wang C., Wang C., Gao F., Xu Y., Guo M. (2018) Effects of polymerized whey protein on goaty flavor and texture properties of fermented goat milk in comparison with β -cyclodextrin. *Journal of Dairy Research*. 85(4): 465–471. <https://doi.org/10.1017/S0022029918000742>
- Xu X., Peng S., Bao G., Zhang H., Yin C. (2021) β -cyclodextrin inclusion complexes with vitamin A and its esters: A comparative experimental and molecular modeling study. *Journal of Molecular Structure*. 1223: 129001. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.129001> EDN: YPUQCI
- Yang L., Cai J., Qian H., Li Y., Zhang H., Qi X., Wang L., Cao G. (2022) Effect of cyclodextrin glucosyltransferase extracted from *Bacillus xiaoxiensis* on wheat dough and bread properties. *Frontiers in Nutrition*. 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1026678> EDN: HEVOUS
- Yang X., Yang F., Liu Y., Li J., Song H. (2020) Off-flavor removal from thermal-treated watermelon juice by adsorbent treatment with β -cyclodextrin, xanthan gum, carboxymethyl cellulose sodium, and sugar/acid. *LWT*. 131: 109775. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109775> EDN: WRAAOD
- Zhou J., Ke Y., Barba F.J., Xiao S., Hu X., Qin X., Ding W., Lyu Q., Wang X., Liu G. (2019a) The addition of α -cyclodextrin and γ -cyclodextrin affect quality of dough and prebaked bread during frozen storage. *Foods*. 8(5): 174. <https://doi.org/10.3390/foods8050174>
- Zhou J., Yang H., Qin X., Hu X., Liu G., Wang X. (2019b) Effect of β -cyclodextrin on the quality of wheat flour dough and prebaked bread. *Food Biophysics*. 14(2): 173–181. <https://doi.org/10.1007/s11483-019-09566-2> EDN: WGHQGD

Цитировать как

Романов А.С. (2026). Истоки применения циклодекстринов в качестве полифункциональной пищевой добавки. *Экобиотех.* 9(3): 397-406.
DOI: <http://doi.org/10.31163/2618-964X/2026-30>
EDN: <https://www.elibrary.ru/ohooci>

Сведения об авторах

Александр Сергеевич Романов, д.т.н., проф., заведующий кафедрой пищевых производств, Международная промышленная академия, Москва, Россия. E mail: romanov@grainfood.ru, SPIN-код: 9687-5460, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3881-0255>.

Cited as

Romanov A.S. (2026). The origins of use of cyclodextrins as a multifunctional food additive. *Ecobiotech*. 9(3): 397-406.
DOI: <http://doi.org/10.31163/2618-964X/2026-30>
EDN: <https://www.elibrary.ru/ohooci>

Information About the Authors

Alexander S. Romanov, Dr in Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Production, International Industrial Academy, Moscow, Russia. E mail: romanov@grainfood.ru, SPIN-код: 9687-5460, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3881-0255>.