

УДК: 663.256 :612.396

## **О ПРИМЕНЕНИИ ПРЕПАРАТОВ ХИТОЗАНА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Чермит Замира Мугдиновна  
аспирант  
e-mail: zamik1990@yandex.ru

*Кубанский государственный  
технологический университет,  
Краснодар, Россия*

Агеева Наталья Михайловна\*  
д-р техн. наук, профессор,  
главный научный сотрудник  
НЦ «Виноделие»  
e-mail: ageyeva@inbox.ru

*Федеральное государственное научное  
учреждение «Северо-Кавказский  
зональный НИИ садоводства  
и виноградарства», Краснодар,  
Россия*

В данном обзоре отражены основные физико-химические, в том числе сорбционные свойства природного полимера хитозана, его применение в различных областях промышленности. Приведена химическая структура хитина и хитозана, отмечены активные центры, изложены возможные механизмы взаимодействия хитозана с химическими компонентами пищевых продуктов, в том числе вина. Особое внимание уделено физико-химическим и электростатическим свойствам хитозана. Показано, что электрокинетический потенциал хитозана изменяется в зависимости от активной кислотности среды. Приведены данные о применении хитозана в различных отраслях промышленности, в том числе в медицине, биотехнологии, химической и пищевой промышленности. Предлагается использование хитозана в пищевой промышленности в качестве загустителя, сорбента, структурообразователя, улучшителя вкуса, для производства

UDC 663.256 :612.396

## **ON THE APPLICATION OF PREPARATIONS OF CHITOSAN IN THE FOOD INDUSTRY**

Chermit Zamira  
post graduate  
e-mail: zamik1990@yandex.ru

*Kuban State  
Technological University,  
Krasnodar, Russia*

Ageeva Natalia  
Dr. Sci. Tech., Professor  
Chief Research Associate \*  
of SC "Wine-making".  
e-mail: ageyeva@inbox.ru

*Federal State Budgetary Scientific  
Institution "North Caucasian  
Regional Research Institute  
of Horticulture and Viticulture",  
Krasnodar, Russia*

In this review the main physical and chemical, including sorption, properties of natural polymer of a chitozan and its application are reflected in the various areas of the industry. The chemical structure of chitin and a chitozan is given, the active centers are noted, the possible mechanisms of interaction of chitozan with chemical components of foodstuff, including the wine, are presented. The special attention is given to physical and chemical and electric properties of a chitozan. It is shown that the electric-cinetic potential of chitozan changes depending on active acidity of the environment. The data of a chitozan application are given in the various industry branches, including medicine, biotechnology, and the chemical and food industry. The use of chitozan in the food industry, as a thickener, a sorbent, a structure creator, a taste improver for production of products of dietary food,

---

\* Научный руководитель

продуктов диетического питания. Большое внимание в обзоре уделено исследованию возможности применения хитозана для обработки напитков, в том числе вина. Предложено использовать хитозан в качестве средства для регулирования кислотности вина, стабилизации виноматериалов против белковых, полифенольных, липидных помутнений, а также для предупреждения металлических кассов, сорбции микроорганизмов. Показано, что применение хитозана в пивоваренной промышленности в качестве пищевой добавки способствует улучшению вкуса и пенообразующей способности пива. В сочетании с бентонитом, желатином, силикагелем, рыбьим клеем и другими оклеивающими веществами хитозан используется для обработки кваса, пива, соков и других безалкогольных напитков. Приведены механизмы взаимодействия хитозана с белками, полисахаридами и полифенолами пива, вина, кваса. Представлены данные о сорбционной емкости препаратов хитозана. Выяснение связи химического строения и биологической активности хитозана позволит на его основе создавать вещества, сохраняющие его свойства и обладающие новыми полезными качествами.

*Ключевые слова:* ХИТИН, ХИТОЗАН, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ, СОРБЦИОННЫЕ, ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, МЕДИЦИНА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

is offered. Much attention in the review is given to research of the possibility of chitozan application for processing of drinks, including the wine. It is offered to use a chitozan as means for regulation of wine acidity and stabilization of wine materials against protein and polyphenol and lipid dimness, as well as for prevention of metal kass, and sorption of micro organisms. It is shown that application of a chitozan in the beer industry as a food addition promotes the improvement of taste and foam-forming ability of beer. In the combination with bentonite, gelatin, silica gel, fish glue and other glue substances a chitozan is used for processing of kvass, beer, juice and the other non alcoholic drinks. Mechanisms of interaction of a hitozan with proteins, polysaccharides and polyphenols of beer, wine, and kvass are given. Data on the sorption capacity of chitozan preparations are submitted. The clarification of communication of chemical structure and biological activity of a chitozan will allow us to create the substances keeping his properties and possessing of the new useful qualities.

*Key words:* CHITIN, CHITOSAN, PHYSICAL CHEMISTRY, SORPTION, ELECTROSTATIC PROPERTIES, MEDICINE, BIOTECHNOLOGY, FOOD INDUSTRY, MECHANISMS OF INTERACTION

**Введение.** Хитозан – линейный полисахарид, получаемый путем деацетилирования хитина. Он является мощным сорбентом природного происхождения, сорбирующая основа которого – хитин ракообразных. Многие ученые называют хитозан веществом 21 века, и это не случайно: его сорбционные свойства находят широкое применение в различных отраслях

промышленности и медицине, биотехнологии и экологии, пищевой промышленности, косметологии, сельском хозяйстве и ветеринарии [1, 2, 3].

По химической структуре хитозан относится к полисахаридам, мономером хитина является N-ацетил-1,4-β-D-глюкопиранозамин (рис. 1).

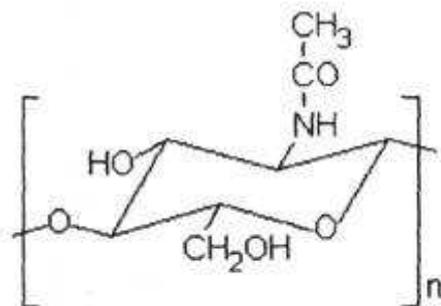


Рис. 1. Химическая структура хитина

При деацетилировании хитина получается хитозан (рис. 2). По химической структуре хитозан является сополимером D-глюкозамина и N-ацетил-D-глюкозамина. В зависимости от эффективности реакции деацетилирования получают хитозаны с различной степенью деацетилирования. Степень деацетилирования показывает процентное содержание D-глюкозамина в молекуле хитозана, то есть если речь идет о хитозане со степенью деацетилирования 85%, то это означает, что в молекуле хитозана в среднем содержится 85% D-глюкозаминовых остатков и 15% N-ацетил-D-глюкозаминовых остатков.

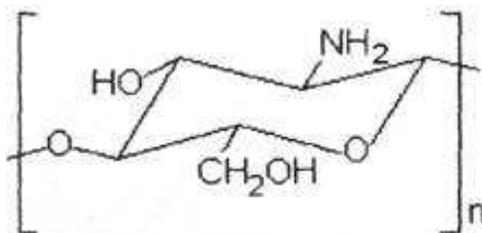


Рис. 2. Химическая структура хитозана

Строение хитозана практически идентично строению целлюлозы, однако в отличие от растительной клетчатки и других сорбентов природного происхождения (пектин, растительные камеди, глюкоманнан), вместо гидроксильной группы у второго атома углерода пиранозного цикла он содержит аминогруппу, что обуславливает его комплексообразующие свойства по отношению к ионам металлов, активизирует взаимодействие с липидами, белками.

Наличие большого количества амино- и гидроксильных групп в составе хитозана в сочетании с высокой реакционной способностью создает широкие возможности для модифицирования его поверхности различными реагентами и придания ему соответствующих свойств [4, 5, 6]. Таким образом, хитозан является сорбентом с управляемыми свойствами, в связи с чем его применение в технологии напитков безгранично.

Химические свойства хитозана связаны с его химической структурой. Большое количество свободных аминогрупп в молекуле хитозана определяет его свойство связывать ионы водорода и приобретать избыточный положительный заряд, поэтому хитозан является прекрасным катионитом, способным взаимодействовать даже с микроколичествами катионов в растворе [7, 8]. Кроме того, свободные аминогруппы определяют хелатообразующие и комплексообразующие свойства хитозана. Сказанное объясняет способность хитозана связывать и прочно удерживать ионы металлов (в том числе радиоактивных изотопов и токсичных элементов) за счет разнообразных химических и электростатических взаимодействий [9–12].

**Обсуждение.** Винодельческая продукция, водки, пиво, ликероводочные изделия содержат такие катионы металлов, как калий, кальций, железо, которые при определенных условиях могут стать причиной помутнений различной природы или металлических кассов. Поэтому ионообменные качества хитозана, возможность электростатических взаимодействий с

компонентами напитка, проявление комплексобразующих свойств будут широко востребованы производителями напитков при разработке соответствующих технологий.

Большое количество водородных связей, которые способен образовывать хитозан, определяют его способность связывать большое количество органических водорастворимых веществ, в том числе биогенные амины, бактериальные токсины [12, 13, 14]. Их присутствие обнаружено в пиве, виноградных и фруктовых винах.

Согласно требованиям ФАО/ВОЗ, в пищевой продукции не допускается или строго ограничивается наличие патулина, охратоксина А, гистамина и пр., поэтому применение хитозана или его модифицированных форм позволит обеспечить безопасность отечественных напитков.

С другой стороны, обилие водородных связей между молекулами хитозана приводит к его плохой растворимости в воде, поскольку связи между молекулами хитозана более прочные, чем между молекулами хитозана и молекулами воды. Вместе с тем, хитозан набухает и растворяется в органических кислотах – уксусной, лимонной, щавелевой, янтарной, при набухании он способен прочно удерживать в своей структуре растворитель, а также растворенные и взвешенные в нем вещества [6, 14].

Хитозан также способен связывать предельные углеводороды, жиры и жирорастворимые соединения за счет гидрофобных взаимодействий и сетчатой структуры, что сближает его по сорбционным механизмам с полисахаридами, глинистыми минералами [15].

Расщепление хитозана до N-ацетил-D-глюкозамина и D-глюкозамина происходит под действием ферментов, производимых многими микроорганизмами, – хитиназ и хитобиаз, поэтому они полностью биологически разрушаемы и не загрязняют окружающую среду [3, 16].

Таким образом, хитозан является универсальным сорбентом, способным связывать огромный спектр веществ органической и неорганической

природы, что определяет широчайшие возможности его применения во многих аспектах жизнедеятельности человека.

Хитозан не изменяет свои свойства в воде, щелочи и веществах органического происхождения, за исключением растворов большинства органических кислот при рН меньше 6. К их числу относится винодельческая продукция. При введении растворов хитозана в материал, в том числе пищевые продукты, наблюдается изменение их структурных свойств, что и предопределило возможность применения этого биополимера в качестве связующего вещества при формировании структуры продукта [16, 17, 18].

В природе собственно хитозан встречается очень редко, например в клеточных перегородках одного из классов грибов – зигомицетов, а также у некоторых насекомых – в брюшной стенке маток термитов.

Хитин, напротив, распространен как в животном, так и в растительном мире. В растительном мире он встречается в клеточных стенках большинства грибов и некоторых водорослей [4, 13]. Хитозан чаще всего получают переработкой панциря креветок и крабов, но могут быть использованы и панцири лангуст [1, 13]. Отходы переработки ракообразных вообще являются богатейшим источником хитина и хитозана.

Протеины, часто связанные с хитином, экстрагируются путем обработки слабым щелочным раствором и нагреванием [8, 11]. Слабым раствором соляной кислоты удаляют минеральные вещества. Дальнейшая обработка хитина в щелочной среде при кипении способствует частичному или полному удалению ацетильных групп. Полученный в результате продукт, называемый хитозаном, представляет собой смесь полимеров в ацетилированном состоянии и с различным уровнем полимеризации.

Различия в технологических параметрах, например в типе используемых реактивов, их концентрации, продолжительности реакции, температуре, газовом составе окружающего воздуха, – все может оказывать воздействие на качество и свойства хитозана.

Хитозан – это смесь полимеров различных параметров с обязательным показателем – средней молекулярной массой. Он не растворим в воде и щелочных растворах, однако, растворим в слабокислых растворах [6, 7, 10]. Сохранять хитозан в растворе достаточно проблематично, его вязкость ощутимо падает в процессе хранения.

В настоящее время известно более 70 направлений использования хитина и хитозана в различных отраслях промышленности [15, 18, 19], наиболее важными из которых во всем мире признаны:

- медицина – в качестве средства борьбы с ожирением, связывания и выведения из организма холестерина, токсичных элементов, катионов металлов [19–22] профилактики и лечения сердечно-сосудистых и ряда других заболеваний;
- пищевая промышленность – в качестве загустителя, сорбента, структурообразователя, улучшителя вкуса, для производства продуктов диетического питания [22–27].

Хитозан и его производные в косметике применяются как естественные гелеобразователи в средствах ухода за кожей, волосами и полостью рта [28, 29]. Этот полимер, характеризующийся отсутствием токсичности, может быть использован как эмульгатор, эмомент, антистатический, пленкообразующий, увлажняющий компонент.

Установлено, что влагоудерживающая способность хитозана близка аналогичному свойству гиалуроновой кислоты [30]. Эффективность его взаимодействия с кожным покровом превосходит гиалуроновую кислоту и косметические компании уже достаточно активно используют хитозан и его производные.

Хитозан может образовываться при литическом распаде структурных элементов микробной клеточной стенки. Лизис компонентов, создающих структурную жесткость и прочность клеточной стенки, приводит к её

разрушению. Микроорганизмы синтезируют литические ферменты как средство конкурентной борьбы с другими микроорганизмами за источники питания и жизненное пространство. Большинство изученных продуцентов литических ферментов образует комплексы, состоящие из ферментов с различной субстратной специфичностью. У дрожжей структурную основу стенок составляют полисахариды и полисахарид-белковые комплексы: маннопротеин, глюкопротеин, хитин-белковые комплексы [31].

Наиболее распространенным полимером в клеточных стенках грибов является глюкан, количество которого у мицелиальных форм может составлять 70-90 % массы стенки. При этом глюканы существуют как самостоятельные структурные полимеры, а также в виде комплексов с производными хитина.

В отличие от большинства полисахаридов пива, вина, других продуктов брожения, например крахмала, декстринов, хитозан обладает мощным положительным зарядом, который позволяет ему связываться с отрицательно заряженными поверхностями, в том числе фенольными веществами, полисахаридами, жирами и клетками микроорганизмов, что особенно важно для дальнейшего развития технологии бродильных производств, в том числе виноделия [32, 33, 34].

Некоторые исследования указывают, что заряд хитозана также помогает ему связывать в прочные комплексы бактериальные и дрожжевые клетки, а также противоионы, к числу которых относятся анионы минеральных кислот, в том числе фосфаты, сульфаты, сульфиты и т.п. [35–38].

Исследования японских ученых показали, что применение хитозана в пивоваренной промышленности в качестве пищевой добавки способствует улучшению вкуса и пенообразующей способности пива [39]. По мнению авторов, это вызвано связыванием белков с помощью хитозана и образованием новых коллоидных структур, препятствующих разрушению пены.

Известны исследования, свидетельствующие об антибактериальных свойствах хитозана [18, 28]. Результаты показывают, что антибактериальная активность хитозана против *Escherichia coli* связана с его молекулярной массой. Антибактериальная активность четвертичных аммониевых солей хитозана в среде уксусной кислоты более выражена, чем в воде. Их противобактериальное действие тем более выражено, чем выше концентрация уксусной кислоты и, в целом, чем ниже величина pH.

Хитозан с молекулярной массой в пределах от 10000 до 100000 может быть полезен для ограничения роста практически всех бактерий, в том числе вызывающих порчу пищевых продуктов.

Хитозан с молекулярной массой 220000 проявляет наибольшую противобактериальную активность, со средней молекулярной массой 9300 он эффективен для ограничения роста *Escherichia coli*.

Хитозан с молекулярной массой 2200 ускорял рост численности и бактерий, и дрожжей, что позволяет считать возможным его применение при необходимости активации развития биомассы микроорганизмов.

В сочетании с бентонитом, желатином, силикагелем, рыбьим клеем или другими оклеивающими веществами хитозан используется для обработки вина, меда и пива [34, 37, 38].

В процессе брожения сусле коллоидная система будущего вина обогащается биополимерами автолизирующихся дрожжей: глюканом и маннопротеином клеточных стенок, продуктами неполного расщепления белков. Эти компоненты участвуют в формировании коллоидных помутнений наряду с биополимерами винограда. Учитывая способность хитозана связывать глюканы и маннопротеины, целесообразно использование хитозана для профилактики коллоидных помутнений вина.

В водно-кислотной среде, каковой является вино, аминные, гидроксильные и другие крайние группы в молекуле хитозана подвержены взаимовлиянию молекул воды и гидратируются, молекула постепенно расши-

ряется [29, 39]. Основная цепочка полностью гидратированной молекулы хитозана под влиянием движения Бланка может превращаться в шарообразные образования, которые при высокой рН могут трансформироваться в нитеобразные молекулы. При этом растёт вязкость, гибкость связи С-С полисахаридов в такой молекуле ниже гибкости обычной высокомолекулярной структуры, поэтому вязкость и удельная поверхность препарата возрастают.

Хитозан нашел широкое применение в пищевой технологии в качестве загустителя и структурообразователя при производстве муссов, желе, соков, консервов и других продуктов [17, 40–42]. Хитозан можно использовать для снижения кислотности и осветления фруктовых соков [18].

В исследованиях [18, 34, 35] показано, что хитозан может быть использован в качестве эффективных и безвредных препаратов – деметаллизаторов винодельческой продукции.

Известно, что хитозан содержит реакционноспособные гидроксильные и аминогруппы. Механизм сорбции хитозаном тяжелых и переходных металлов заключается в хелатном комплексообразовании, обусловленном высокой электронодонорной способностью атомов азота и кислорода.

Ярко выраженные сорбционные свойства хитозана сделали это соединение весьма привлекательным для извлечения металлов не только из водных растворов, биологических жидкостей и почвы, но также из вин и виноматериалов.

Большой проблемой виноделия являются коллоидные помутнения продукции. Установлено, что в сравнении с традиционно используемыми препаратами хитозан в большей степени извлекает те фенольные фракции, которые ответственны за коллоидные помутнения вин.

Известно, что хитозан обладает антимикробной активностью [2,8,25]. Установлено, что все исследованные дрожжи родов *Saccharomyces*, *Pichia* и *Candida* чувствительны к хитозану.

Выявлено, что количество дрожжевых клеток коррелирует с концентрацией вносимого в вино хитозана, способом его подготовки и временем контакта дрожжей с хитозаном.

Хитозан обладает высокой сорбционной способностью к синтетическим красителям. Авторами [37] было исследовано около 100 образцов фальсифицированных напитков, именованных винами, и выявлена высокая чувствительность хитозана по отношению к пищевым синтетическим красителям, чем к красящим веществам, присутствующим в натуральных напитках.

В последние годы интерес к хитозану и его применению в различных отраслях пищевой промышленности значительно вырос. Использование свойств хитозана в молочной промышленности было обосновано тем, что хитозан способен разделять молочное сырье на фракции, повышать технологический эффект гомогенных и гетерогенных систем.

Хитозан стал основой для изготовления напитков на сывороточной основе. Проведенные исследования показали, что хитозан, внесенный в рецептурный состав хлеба, способствует снижению клейковины, тесто становится более эластичным, приобретает приятный аромат. Одновременно отмечено замедление развития картофельной болезни.

В пищевой промышленности при консервировании установили, что хитозан позволяет продлить сроки годности консервов и пресервов, а также улучшить свойства желе.

Между тем, в России использованию хитозана в пищевой промышленности, в том числе и в виноделии, не уделяется достаточного внимания, несмотря на наличие препарата и его промышленное производство.

В настоящее время российское предприятие ЗАО «Биопрогресс» расширило выпуск хитозановых препаратов различного направления как в сухом виде, так и в форме геля [14, 29], различающихся по молекулярной массе, степени ацетилирования, вязкости и растворимости.

Благодаря синергизму компонентов, входящих в их состав, возрастает сорбционная и связывающая способность препаратов.

**Заключение.** Несмотря на большой объем исследований о связи сорбционных свойств хитозана с его химической структурой, нельзя сказать, что исследования в области химии хитина/хитозана близки к завершению.

Постоянно открываются новые свойства этого вещества, в частности обнаруженная биологическая активность, которая еще не получила должного объяснения с точки зрения химической структуры.

Имеющиеся данные о том, что характер биологической активности хитозана зависит от его молекулярного веса и степени деацетилирования, нуждаются в дальнейшей проверке и изучении.

Этот обзор является тем более актуальным, что выяснение связи между химическим строением и биологической активностью хитозана позволит на его основе создавать вещества, сохраняющие известные его свойства и обладающие новыми полезными качествами.

### Литература

1. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
2. Немцев, С.В. Расширение области применения пищевого хитозана / С.В. Немцев, Е.А. Ежова, В.М. Быкова // Пищевая и морская биотехнология: проблемы и перспективы: Материалы научно-практической конференции.– Калининград, 2006. – С. 84-85.
3. Гальбрайт, Л.С. Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / Л.С. Гальбрайт // Соровский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7.– № 1.– С. 51-56.
4. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
5. Быкова, В.М. Сырьевые источники и способы получения хитина и хитозана: Хитин, его строение и свойства / В.М. Быкова, С.В. Немцев // Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. – М.: Наука.– 2002. – С. 223.
6. Куприна, Е.Э. Способы получения и активации хитина и хитозана. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / Е.Э. Куприна, С.В. Володажская // под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. – М., 2002. –С. 44-63.

7. Siakun, P. Preparation of water-soluble chitosan by hydrolysis with commercial glucoamylase containing chitosanase activity / P. Siakun, Wu. Shengjun // Eur. Food Res. and Technology. – 2011. – № 2. – P. 325-329.

8. Бабак, В.Г. Коллоидные свойства производных хитина и хитозана. Теория и практическое применение / под ред. В.Г.Бабак, К.Г. Скрыбина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова // Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение. М.: «Наука», 2002. – С. 201-216.

9. Howard M.B., Ekborg N.A., Weiner R.M., Hutcheson S.W. Detection and characterization of chitinases and other chitin-modifying enzymes // J. Ind.Microbiol. Biotechnol. 2003. V. 30. P. 627-635.

10. Murata Y., Maeda T., Miyamoto E., Kawashima S. Preparation of chitosan-reinforced alginate gel beads-effects of chitosan on gel matrix erosion // Intern. J. Pharmaceutics. 1993. V. 96. № 1-3. - P. 139-145.

11. Евдокимов, И.А. Физико-химические характеристики растворов хитозана /И.А. Евдокимов, С.В. Васи́лин, Л.Р. Алиева, М.С. Золоторева, Д.Н. Володин // Вестник СевКавГТУ, серия «Продовольствие», 2003.– № 1 (6)

12. Новиков, В.Ю. Химический гидролиз хитина и хитозана / В.Ю. Новиков //Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы седьмой международной конференции /ВНИРО.– Спб, 2003.– С.38-43

13. Коральник, С. Хитозан / С.Коральник, Т.Пучкова // Журнал «les nouvelles esthetiques», 2001, №3, 2001 г.- С. 36-38.

14. Быкова, В.М. Современные достижения и перспективы в исследовании хитина и хитозана / В.М. Быкова, Л.И. Кривошеина, Е.А. Ежов и др.//Труды ВНИРО. Прикладная биохимия и технология гидробионтов. Т.143.–М.: ВНИРО.–2004–С.33-41.

15. Сафронова, Т.М. Применение хитозана в производстве пищевых продуктов. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение /под ред.Т.М. Сафроновой, В.И. Шендерюка, – М., 2002.– С. 346–359.

16. Фролова, М.А. Практические аспекты применения хитозана и его производных в различных областях народного хозяйства / М.А.Фролова, А.И.Албулов, В.И.Еремец и [др.] // SIFW Journal, Международный отраслевой научно-практический журнал, 2003. №5. –С. 36-38.

17. Касьянов, Г.И. Биотехнология получения и применения экстрактов и структурообразователей / Г.И. Касьянов, М.Ю. Тамова. – Краснодар: Экоинвест, 2002. – 229 с.

18. Няникова, Г.Г. Области применения хитозана / Г.Г. Няникова, Т.Э. Маметнабиев, И.П. Калинкина [и др.] // Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) – С. 20-26

19. Ершов, Б.Г. Сорбция ионов хитином и хитозаном из водных растворов. Молекулярная структура образующихся комплексов / Б.Г.Ершов, А.Ф. Селиверстов, Н.П. Сухов, Г.Л. Быков // Известия РАН. Сер. Хим.– 1992. – Т. 41. – № 10. – С. 1805-1809.

20. Zhichen Jia, Dondfeng shen, Weiliang Xu// Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan// Carbohydrate research 2001, p. 1-6.

21. Graziella Biagini, Aldo Bertani e.t.c.// Wound managment with N-carboxybutil chitosan// Biomaterials 1991, Vol. 12, April, p. 281-285.

22. Katsutoshi I., Baba Y., Yoshizuka K. Adsorption of metal ions and crosslinked copper(II)- complexed chitosan // Bull. Chem. Soc. Japan. 1993. V. 66.-№ 10.-P. 2915-2921.

23. Florentino A., Gentili A., Isidori M. Olive oil mill wastewater treatment using a chemical and biological approach // J. Agric. Food. Chem. 2004. V.11. № 52. -P. 5151-5154.

24. Куприна, Е.Э. Биологически активная пищевая добавка "Хизитэл" / Е.А. Куприна, К.Г. Тимофеева, Е.В. Осипова [и др.] // Рыбная промышленность, 2004. – № 1. — С. 19.

25. Быкова, В.М. Некоторые аспекты использования хитина и хитозана в качестве флокулянтов / В.М.Быкова, Е.А. Ежова, С.В. Немцев // Аграрная Россия. – 2004. – №5. – С. 30-31.

26. Алиева, Л.Р. Осветление молочной сыворотки хитозаном / Л.Р.Алиева, И.А. Евдокимов, С.В. Василисин // Материалы 2-ой Всероссийской научно-технической конференции «Современные достижения биотехнологии». В 2 т. Т.2// Северо-Кавказский Государственный Технический Университет. Ставрополь, 2002. 232 с.

27. Максимова, С.Н. Хитозан в технологии рыбопродуктивных консервов / С.Н. Макстимова // Рыбпром.– 2010.– №2. – С.29-31.

28. Clasen C Formation and Characterisation of Chitosan Membranes / C Clasen, T.A. Wilhelms, W.-M. Kulicke // Biomacromolecules. – 2006. – 7(11). –P. 3210-3222

29. Шапкин, Н.П. Химическая модификация природного цеолита хитозаном / Н.П. Шапкин, Б.Б. Завьялов, А.С. Скобун [и др.] // Изв. вузов. Химия и химическая технология.– 2002. – Т.46. – Вып.2. – С. 101-104.

30. Alvares Maria, V. Antimicrobial efficiency of chitosan coating enriched with bioactive compounds to improve the safety of fresh cut broccoli / V. Alvares Maria, G. Ponce Alejandra, R. Moreira Maria del // LWT - Food Science and Technology. - 2013. - № 1. - P. 78-87.

31. Гелецкая, М.В. Влияние хитозана на винные дрожжи / М.В. Гелецкая, Г.Г. Няникова // 4-й Международный Конгресс "Биотехнология – состояние и перспективы развития". – М.– 2010. – 240 с.

32. Кусмарцева, Т.В. Роль хитина и хитозана в стабилизации вин против коллоидных помутнений /Е.Ю. Елдинова, Г.Г. Няникова // 3-й Международный Конгресс "Биотехнология – состояние и перспективы развития". – М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. – Ч. 2. – С.121-122.

33. Комиссарчик, С.М. Исследование взаимодействия хитозана с фенольными веществами вин / С.М. Комиссарчик, Т.В. Кусмарцева, Г.Г. Няникова //4-й Международный Конгресс "Биотехнология –состояние и перспективы развития". – М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. – Ч. 2. – С. 175.

34. Маметнабиев, Т.Э. Деметаллизация вин хитинсодержащими сорбентами и биосорбентами на их основе: автореф. дис... канд. хим. наук. / Т.Э.Маметнабиев. – СПб, 2005. – 20 с.

35. Маметнабиев, Т.Э. Применение хитинсодержащих сорбентов для деметаллизации сухих вин / Т.Э.Маметнабиев Т.Э., Г.Г. Няникова, Т.В. Кусмарцева, [и др.]// Виноделие и виноградарство.– 2005. – № 5. – С. 20-21.

36. Сергеева, И.Ю. Применение хитозана для стабилизации коллоидной системы напитков / И.Ю.Сергеева // Техника и технология пищевых производств. – Вып. № 1 (32), 2014.– С.84-90

37. Ломач, Ю.Л. Применение хитозана как стабилизатора пива при холодных помутнениях / Ю.Л.Ломач, Г.Г.Няникова, Т.Э.Маметнабиев // Пиво и напитки. – 2007. – №3.– С. 18-20

38. Сергеева, И.Ю. Стабилизация напитков с использованием хитозана / И.Ю. Сергеева, В.А. Помозова, А.Л. Сыроватко [и др.] // Пиво и напитки.– 2009.– №5.– С. 29-34

39. Hioshi Sashiwa, Norioki Kawasaki e.t.c.// Chemical modifications of chitosan. Part 15 // Carbohydrate research 2003.

40. Сергеева, И.Ю. Применение природных стабилизаторов в технологии ликероводочных изделий / И.Ю. Сергеева, В.А. Помозова, Е.А. Вечтомова [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2011. – №3. – С. 22-24.

41. Вилядот, Ж.-Л. Новая улучшенная система доставки активных ингредиентов, созданная с помощью хитозановых технологий// SIFW Journal, Международный отраслевой научно-практический журнал, 2001/– №3. – С. 21-28.

42. Скапец, О.В. (Тюльпина О.В.) Перспективы комплексного использования хитозана и пектина в технологии молочных продуктов / О.В. Скапец (О.В. Тюльпина), О.Я. Мезенова // Труды научной конференции «Инновации в науке и образовании - 2010». – Ч.2. – Калининград: Издательство КГТУ, 2010. – С. 104-106

### References

1. Hitin i hitozan. Poluchenie, svojstva i primeneniye / pod red. K.G. Skrjabina, G.A. Vihorevoj, V.P. Varlamova. – М.: Nauka, 2002. – 368 s.

2. Nemcev, С.В. Rasshirenie oblasti primeneniya pishhevogo hitozana / S.V. Nemcev, E.A. Ezhova, V.M. Bykova // Pishhevaya i morskaya biotekhnologiya: problemy i perspektivy: Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii.– Kaliningrad, 2006. – S. 84-85.

3. Gal'brajkh, L.S. Hitin i hitozan: stroeniye, svojstva, primeneniye / L.S. Gal'brajkh // Sovetskij obrazovatel'nyj zhurnal. – 2001. – T. 7.– № 1.– S. 51-56.

4. Hitin i hitozan. Poluchenie, svojstva i primeneniye / pod red. K.G. Skrjabina, G.A. Vihorevoj, V.P. Varlamova. – М.: Nauka, 2002. – 368 s.

5. Bykova, V.M. Syr'evye istochniki i sposoby poluchenija hitina i hitozana: Hitin, ego stroeniye i svojstva / V.M. Bykova, S.V. Nemcev // Hitin i hitozan. Poluchenie, svojstva i primeneniye. – М.: Nauka.– 2002. – С. 223.

6. Kuprina, E.Je. Sposoby poluchenija i aktivacii hitina i hitozana. Hitin i hitozan. Poluchenie, svojstva i primeneniye / E.Je. Kuprina, S.V. Volodazhskaja // pod red. K.G. Skrjabina, G.A. Vihorevoj, V.P. Varlamova. – М., 2002. –S. 44-63.

7. Siakun, P. Preparation of water-soluble chitosan by hydrolysis with commercial glucoamylase containing chitosanase activity / P. Siakun, Wu. Shengjun // Eur. Food Res. and Technology. – 2011. – № 2. – R. 325-329.

8. Babak, V.G. Kolloidnye svojstva proizvodnyh hitina i hitozana. Teoriya i prakticheskoe primeneniye / pod red. V.G.Babak, K.G. Skrjabina, G.A. Vihorevoj, V.P. Varlamova // Hitin i hitozan: Poluchenie, svojstva i primeneniye. М.: «Nauka», 2002. – S. 201-216.

9. Howard M.B., Ekborg N.A., Weiner R.M., Hutcheson S.W. Detection and characterization of chitinases and other chitin-modifying enzymes // J. Ind.Microbiol. Biotechnol. 2003. V. 30. P. 627-635.

10. Murata Y., Maeda T., Miyamoto E., Kawashima S. Preparation of chitosan-reinforced alginate gel beads-effects of chitosan on gel matrix erosion // Intern. J. Pharmaceutics. 1993. V. 96. № 1-3. - P. 139-145.

11. Evdokimov, I.A. Fiziko-himicheskie harakteristiki rastvorov hitozana /I.A. Evdokimov, S.V. Vasilisin, L.R. Alieva, M.S. Zolotoreva, D.N. Volodin // Vestnik SevKavGTU, serija «Prodovol'stvie», 2003.– № 1 (6)
12. Novikov, V.Ju. Himicheskij gidroliz hitina i hitozana / V.Ju. Novikov //Sovremennye perspektivy v issledovanii hitina i hitozana: materialy sed'moj mezhdunarodnoj konferencii /VNIRO. – Spb, 2003.– S.38-43
13. Koral'nik, S. Hitozan / S.Koral'nik, T.Puchkova // Zhurnal «les nouvelles esthétiques», 2001, №3, 2001 g. - S. 36-38.
14. Bykova, V.M. Sovremennye dostizhenija i perspektivy v issledovanii hitina i hitozana / V.M. Bykova, L.I. Krivosheina, E.A. Ezhov i dr.//Trudy VNIRO. Prikladnaja biokhimija i tehnologija gidrobiontov. T.143.–M.: VNIRO.–2004–S.33-41.
15. Safronova, T.M. Primenenie hitozana v proizvodstve pishhevych produktov. Hitin i hitozan. Poluchenie, svojstva i primenenie /pod red.T.M. Safronovoj, V.I. Shenderjuka, – M., 2002.– S. 346–359.
16. Frolova, M.A. Prakticheskie aspekty primenenija hitozana i ego proizvodnyh v razlichnyh oblastjakh narodnogo hozjajstva / M.A.Frolova, A.I.Albulov, V.I.Eremec [i. dr.] // SCFW Journal, Mezhdunarodnyj otraslevoj nauchno-prakticheskij zhurnal, 2003. №5. – S. 36-38.
17. Kas'janov, G.I. Biotekhnologija poluchenija i primenenija jekstraktov i strukturoobrazovatelej / G.I. Kas'janov, M.Ju. Tamova. – Krasnodar: Jekoinvest, 2002. – 229 s.
18. Njanikova, G.G. Oblasti primenenija hitozana / G.G. Njanikova, T.Je. Mametnabiev, I.P. Kalinkina [i dr.] // Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj tehnologicheskij institut (tehničeskij universitet) – C. 20-26
19. Ershov, B.G. Sorbcija ionov hitinom i hitozanom iz vodnyh rastvorov. Molekuljarnaja struktura obrazujushhihsja kompleksov / B.G.Ershov, A.F. Seliverstov, N.P. Suhov, G.L. Bykov // Izvestija RAN. Ser. Him.– 1992. – T. 41. – № 10. – S. 1805-1809.
20. Zhichen Jia, Dondfeng shen, Weiliang Xu// Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan// Carbohydrate research 2001, p. 1-6.
21. Graziella Biagini, Aldo Bertani e.t.c.// Wound managment with N-carboxybutil chitosan// Biomaterials 1991, Vol. 12, April, p. 281-285.
22. Katsutoshi I., Baba Y., Yoshizuka K. Adsorption of metal ions and crosslinked copper(II)- complexed chitosan // Bull. Chem. Soc. Japan. 1993. V. 66.-№ 10.-P. 2915-2921.
23. Florentino A., Gentili A., Isidori M. Olive oil mill wastewater treatment using a chemical and biological approach // J. Agric. Food. Chem. 2004. V.11. № 52. - P. 5151-5154.
24. Kuprina, E.Je. Biologičeskij aktivnaja pishhevaja dobavka "Hizitjel" / E.A. Kuprina, K.G. Timofeeva, E V. Osipova [i dr.] // Rybnaja promyshlennost', 2004. – № 1. — S. 19.
25. Bykova, V.M. Nekotorye aspekty ispol'zovanija hitina i hitozana v kachestve flokuljantov / V.M.Bykova, E.A. Ezhova, S.V. Nemcev // Agrarnaja Rossija. – 2004. – №5. – S. 30-31.
26. Alieva, L.R. Osvetlenie molochnoj syvorotki hitozanom / L.R.Alieva, I.A. Evdokimov, S.V. Vasilisin // Materialy 2-oj Vserossijskoj nauchno-tehničeskij konferencii «Sovremennye dostizhenija biotekhnologii». V 2 t. T.2// Severo-Kavkazskij Gosudarstvennyj Tehničeskij Universitet. Stavropol', 2002. 232 s.
27. Maksimova, S.N. Hitozan v tehnologii ryborastitel'nyh konservov / S.N. Makstomova // Rybprom.– 2010.– №2. – S.29-31.

28. Clasen S Formation and Characterisation of Chitosan Membranes / S Clasen, T.A. Wilhelms, W.-M. Kulicke // *Biomacromolecules*. – 2006. – 7(11). – P. 3210-3222
29. Shapkin, N.P. Himicheskaja modifikacija prirodnogo ceolita hitozanom / N.P. Shapkin, B.B. Zav'jalov, A.C. Skobun [i dr.] // *Izv. vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija*. – 2002. – T.46. – Vyp.2. – S. 101-104.
30. Alvares Maria, V. Antimicrobial efficiency of chitosan coating enriched with bio-active compounds to improve the safety of fresh cut broccoli / V. Alvares Maria, G. Ponce Alejandra, R. Moreira Maria del // *LWT - Food Science and Technology*. - 2013. - № 1. - P. 78-87.
31. Gepeckaja, M.V. Vlijanie hitozana na vinnye drozhzhi / M.V. Gepeckaja, G.G. Njanikova // 4-j Mezhdunarodnyj Kongress "Biotehnologija – sostojanie i perspektivy razvitija". – M. – 2010. – 240 s.
32. Kusmarceva, T.V. Rol' hitina i hitozana v stabilizacii vin protiv kolloidnyh pomutnenij / E.Ju. Eldinova, G.G. Njanikova // 3-j Mezhdunarodnyj Kongress "Biotehnologija – sostojanie i perspektivy razvitija". – M.: Izd-vo RHTU im. D.I. Mendeleeva, 2005. – Ch. 2. – S.121-122.
33. Komissarchik, S.M. Issledovanie vzaimodejstvija hitozana s fenol'nymi veshhestvami vin / S.M. Komissarchik, T.V. Kusmarceva, G.G. Njanikova // 4-j Mezhdunarodnyj Kongress "Biotehnologija – sostojanie i perspektivy razvitija". – M.: Izd-vo RHTU im. D.I. Mendeleeva, 2007. – Ch. 2. – S. 175.
34. Mametnabiev, T.Je. Demetallizacija vin hitinsoderzhashhimi sorbentami i biosorbentami na ih osnove: avtoref. dis... kand. him. nauk. / T.Je. Mametnabiev. – SPb, 2005. – 20 s.
35. Mametnabiev, T.Je. Primenenie hitinsoderzhashhijh sorbentov dlja demetallizacii suhijh vin / T.Je. Mametnabiev T.Je., G.G. Njanikova, T.V. Kusmarceva, [i dr.] // *Vinodelie i inogradarstvo*. – 2005. – № 5. – S. 20-21.
36. Sergeeva, I.Ju. Primenenie hitozana dlja stabilizacii kolloidnoj sistemy napitkov / I.Ju. Sergeeva // *Tehnika i tehnologija pishhevijh proizvodstv*. – Vyp. № 1 (32), 2014. – S.84-90
37. Lomach, Ju.L. Primenenie hitozana kak stabilizatora piva pri holodnyh pomutnenijah / Ju.L. Lomach, G.G. Njanikova, T.Je. Mametnabiev // *Pivo i napitki*. – 2007. – №3. – S. 18-20
38. Sergeeva, I.Ju. Stabilizacija napitkov s ispol'zovaniem hitozana / I.Ju. Sergeeva, V.A. Pomozova, A.L. Syrovatko [i dr.] // *Pivo i napitki*. – 2009. – №5. – S. 29-34
39. Hioshi Sashiwa, Norioki Kawasaki e.t.c. // *Chemical modifications of chitosan. Part 15 // Carbohydrate research* 2003.
40. Sergeeva, I.Ju. Primenenie prirodnyh stabilizatorov v tehnologii likerovodochnykh izdelij / I.Ju. Sergeeva, V.A. Pomozova, E.A. Vechtomova [i dr.] // *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdelij*. – 2011. – №3. – C. 22-24.
41. Viljadot, Zh.-L. Novaja uluchshennaja sistema dostavki aktivnyh ingredientov, sozdannaja s pomoshh'ju hitozanovyh tehnologij // *SCFW Journal, Mezhdunarodnyj otraslevyj nauchno-prakticheskij zhurnal*, 2001/– №3. – S. 21-28.
42. Skapec, O.V. (Tjul'pina O.V.) Perspektivy kompleksnogo ispol'zovanija hitozana i pektina v tehnologii molochnyh produktov / O.V. Skapec (O.V. Tjul'pina), O.Ja. Mezenova // *Trudy nauchnoj konferencii «Innovacii v nauke i obrazovanii - 2010»*. – Ch.2. – Kaliningrad: Izdatel'stvo KGTU, 2010. – S. 104-106.