

Российская Федерация, Краснодарский край
Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Центр дополнительного образования «Хоста» муниципального образования
городской округ г.-к. Сочи

354067 г. Сочи ул. Ялтинская д. 16А, 8 (862) 265-49-09, Факс: 8 (862) 265-35-44

Получение хитозана из отходов пищевой промышленности и изучение его свойств, как загустителя

Секция: Обращение с отходами

Автор: Золотарева Злата
Олеговна,

8 класс, Пансион ПВ МО РФ
ЦДО «Хоста» г. Сочи

Руководители: Кузнецова А. Н.
ЦДО «Хоста» г. Сочи

Кравчук О. В., учитель химии
Пансиона ПВ МО РФ

г. Сочи, 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	3
2.	ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	
2.1	Использование раковин моллюсков, как отходов пищевой промышленности.....	5
2.2	Применение хитозана в агропромышленном комплексе.....	
2.3	Особенности химических свойств хитозана	5
2.4	Хитозан в природе, его производство.....	7
3.	ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
3.1	Методика проведения исследования.....	9
3.2	Анализ применения хитозана как загустителя	11
4.	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	12
5.	Список литературы.....	13
6.	Приложения	

1. ВВЕДЕНИЕ

Отходы пищевой промышленности представляют собой значительную часть общего объема отходов, производимых в мире. Эти отходы включают в себя остатки сырья, побочные продукты производства, а также упаковку и другие материалы, используемые в процессе производства и распределения пищевых продуктов. Управление этими отходами является важной задачей для обеспечения устойчивого развития и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Раковины мидий, как и другие отходы моллюсков, представляют собой ценный ресурс, который можно использовать в различных отраслях. Несмотря на то, что они являются отходами пищевой промышленности, их можно переработать и использовать в различных целях.

Хитозан — это биополимер природного происхождения, получаемый путем химической обработки ракообразных, таких как креветки и раковин моллюсков. Благодаря своим уникальным свойствам, включая высокую адсорбционную способность, антимикробные характеристики и стимуляцию роста растений, хитозан находит широкое применение в агропромышленном секторе [1].

Хитозан в качестве загустителя предоставляет производителям продуктов питания множество возможностей для улучшения качества своей продукции, продления сроков годности и соответствия современным требованиям здорового питания. Его можно использовать для приготовления соусов, майонеза, йогуртов, сметаны и многого другого. При этом огромным плюсом его является то, что он не вызывает аллергические реакции и продлевает срок хранения продуктов, за счет его антибактериальных свойств.

Хитозан является природным биополимером, который очень активно применяется в медицине для создания материалов с контролируемыми свойствами. Одним из направлений его использования является получение скаффолдов (от англ.-- «каркас»), используемых для строго ориентированного в пространстве культивирования клеток *in vitro* и *in vivo*. При этом, значительный интерес исследователей к хитозану, как компоненту скаффолдов, выявил не только широкий спектр возможностей его применения, но и значительные проблемы при сопоставлении данных различных исследований.

На сегодняшний день в мировой практике активно используются гемостатические средства на основе хитозана и его производных, которые зарекомендовали себя как эффективные и безопасные для остановки кровотечений в различных медицинских сферах.

Цель моего исследования: получить хитозан, и изучить его свойства как загустителя.

Задачи:

1. Изучить технику получения хитозана;
2. Получить хитозан в лабораторных условиях;
3. Проведение качественного и сравнительного анализа хитозана;
4. Исследование эффективности применения полученного хитозана в качестве загустителя.

Предмет исследования: хитозан.

Объект исследования: получение хитозана из природных материалов и его свойства, как загустителя.

Гипотеза: хитозан, полученный из панциря речного рака более эффективен, чем хитозан, полученный из раковин мидий.

Исследование проводилось в период с августа 2025 года, по настоящий момент.

Выбрать это направление мне помогли научные статьи, которые свидетельствовали о актуальности исследования данной темы [2,3,4,5]. В дальнейшем я планирую изучить свойства, полученного хитозана как гемостатика.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Использование раковин моллюсков, как отходов пищевой промышленности

Раковины мидий состоят в основном из карбоната кальция (CaCO_3), который является ценным сырьем для различных отраслей промышленности. Существует несколько способов переработки и утилизации раковин мидий:

Измельчение: Раковины мидий можно измельчить до состояния порошка. Этот порошок может использоваться в качестве добавки в корм для животных, так как он богат кальцием, необходимым для роста и развития костей.

Производство извести: при нагревании раковин мидий до высоких температур происходит разложение карбоната кальция с образованием оксида кальция (CaO), который является основным компонентом извести. Известь широко используется в строительстве, сельском хозяйстве и химической промышленности.

Производство удобрений: Раковины мидий могут быть использованы для производства кальциевых удобрений, которые улучшают структуру почвы и повышают ее плодородие.

Использование в строительстве: измельченные раковины мидий могут быть использованы в качестве добавки в строительные материалы, такие как бетон и цемент. Карбонат кальция, содержащийся в раковинах, улучшает прочность и долговечность строительных конструкций.

Использование в сельском хозяйстве:

Улучшение почвы: Раковины мидий могут быть использованы для улучшения структуры почвы и повышения ее плодородия. Карбонат кальция, содержащийся в раковинах, нейтрализует кислотность почвы и улучшает ее физические свойства.

Корм для животных: Измельченные раковины мидий могут быть добавлены в корм для животных, особенно для птиц и скота, в качестве источника кальция.

Измельченные раковины мидий могут быть использованы в косметологии в качестве абразивного компонента в скрабах и пилингах. Мелкие частицы раковин эффективно очищают кожу, удаляя омертвевшие клетки.

Экологические аспекты: переработка и использование раковин мидий в качестве вторичного сырья помогает снизить нагрузку на окружающую среду, уменьшая количество отходов, попадающих на свалки. Это способствует более рациональному использованию природных ресурсов и снижению загрязнения окружающей среды.

2.2 Применение хитозана в агропромышленном комплексе

Стимуляция роста растения. Хитозан способствует развитию корневой системы растений, улучшению усвоения питательных веществ и повышению их устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды, таким как

засуха и низкие температуры. Применение этого вещества позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных культур на 10-30% [4].

Фунгицидные свойства. Благодаря своим антимикробным свойствам, хитозан эффективно борется с грибковыми заболеваниями растений. Препараты на его основе используются для защиты зерновых, овощей и плодовых культур от фитопатогенов.

Ингибирование вредителей. Некоторые исследования показывают, что хитозан может подавлять размножение насекомых-вредителей, что способствует снижению их численности на сельскохозяйственных полях [5].

Улучшение качества почвы. Добавление хитозана в почву улучшает её структуру, повышает плодородие и способствует удержанию влаги. Это особенно важно для регионов с засушливым климатом и низким уровнем почвенного гумуса [3].

Продление срока хранения урожая. Обработка плодов и овощей раствором хитозана перед хранением помогает снизить потери продукции из-за гниения и порчи. Этот метод особенно эффективен для фруктов, ягод и овощей с тонкой кожурой, таких как яблоки, помидоры и огурцы.

Примеры успешного применения хитозана в России:

Агрофирма "Зелёный сад" использовала хитозановые удобрения на посевах картофеля. В результате фермеры добились увеличения средней массы клубней на 28%, сокращения заболеваемости фитофторозом на 50% и повышения устойчивости культуры к весенним заморозкам.

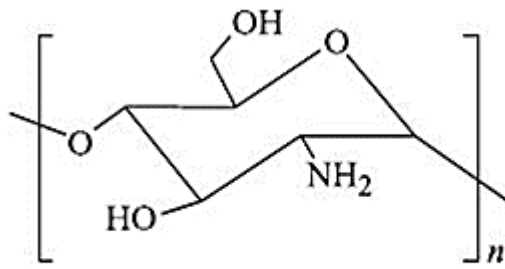
В колхозе имени Ленина (Московская область) также был проведён опыт с использованием препаратов на основе хитозана. Это привело к увеличению урожайности пшеницы на 15%. Улучшение иммунитета растений позволило снизить необходимость в химических средствах защиты от болезней и вредителей [6].

Применение хитозана в сельском хозяйстве является перспективным направлением, которое способствует повышению продуктивности, снижению потерь урожая и улучшению экологической безопасности производства продуктов питания.

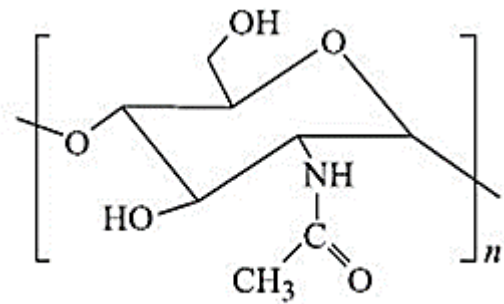
2.3 Особенности химических свойств хитозана

Хитозан — это линейный полисахарид, который состоит из остатков N-ацетилглюкозамина и глюкозамина. Эти остатки соединены β -(1→4)-гликозидной связью. Молекулярная масса хитозана может варьироваться от десятков тысяч до миллионов дальтон. Это зависит от степени деполимеризации исходного сырья [3].

Схематическое представление структуры хитозана выглядит следующим образом:



хитин



хитозан

Основные химические характеристики

Хитозан легко растворяется в кислых средах (при pH менее 6,5), так как его аминогруппы приобретают положительный заряд, что улучшает взаимодействие с водой. Повышенное содержание деацетилированных групп также увеличивает его растворимость [4].

Обладает ярко выраженными антимикробными свойствами.

Благодаря своей положительно заряженной поверхности, хитозан взаимодействует с отрицательно заряженными мембранами клеток микроорганизмов, что приводит к повреждению клеток и гибели бактерий [3].

Хитозан обладает высокой гидрофильностью из-за наличия множества гидроксильных (-OH) и аминогрупп (-NH₂). Это свойство делает его востребованным в косметической и фармацевтической индустрии.

Адгезивные свойства. Хитозан способен образовывать прочные связи с различными поверхностями, что позволяет использовать его в медицине для создания повязок и покрытий для имплантатов.

Термостойкость. Этот полимер сохраняет свои свойства при нагревании до 200°C, что расширяет его применение в продуктах, подвергающихся термической обработке [5].

Ионообменные свойства. Свободные аминогруппы хитозана позволяют ему действовать как катионообменник, эффективно связывая тяжелые металлы и токсины из водных растворов [7].

Хитозан обладает уникальными химическими свойствами, которые делают его перспективным материалом для дальнейших исследований и разработки новых технологий.

2.4 Хитозан в природе, его производство

Хитозан — это природный полимер, производимый путём частичной деацетилизации хитина, который является вторым наиболее распространённым природным полисахаридом после целлюлозы. Основными источниками хитозана являются организмы животного мира, особенно морские обитатели [8].

Источники хитозана в природе

Панцири ракообразных: крабов, омаров, креветок и лангустов используют чаще всего для промышленного извлечения хитозана.

Экзоскелеты моллюсков: устрицы, мидии и некоторые виды улиток также содержат значительное количество хитина.

Нити грибов. Грибной хитозан встречается реже, однако некоторые виды грибов (например, *Agaricus bisporus*) служат источником хитозана для научных исследований.

Насекомые. Хотя насекомые имеют меньшие размеры и содержание хитина в них невелико, определённые группы (например, саранча) используются для добычи хитозана [9].

Процесс производства хитозана включает несколько этапов, начиная от сбора сырья и заканчивая очисткой конечного продукта. Рассмотрим каждый этап подробно.

Основным сырьем для производства хитозана является хитин, который получают из панцирей ракообразных (крабов, креветок, омаров и др.). Хитин составляет примерно 20-30% сухого веса панциря.

Этапы производства хитозана

1. Сбор и подготовка сырья:

Панцири собираются и очищаются от органических примесей (мясо, кровь, слизь). Проводится промывание водой для удаления загрязнений.

2. Деминерализация. Измельченное сырье обрабатывается разбавленной соляной или серной кислотой для удаления карбонатов кальция (CaCO_3), содержащихся в панцире. Этот процесс длится от нескольких часов до суток, в зависимости от размера частиц.

3. Дезорганизация белков. После деминерализации проводится обработка щелочным раствором (NaOH) для удаления белков и пигментов.

Процесс продолжается несколько часов при температуре около 100 °С. Реакция деацетилирования сопровождается образованием побочных продуктов, которые необходимо удалить.

4. Получение хитина. Полученный материал промывают чистой водой до достижения нейтрального pH. Затем высушивают и измельчают до порошка.

Высушенный хитозан упаковывается в герметичные контейнеры для сохранения его качеств.

Факторы, влияющие на качество хитозана:

- Степень деацетилирования: чем выше, тем лучше растворимость и биологическая активность хитозана;

- Размер частиц: мелкодисперсный хитозан быстрее растворяется и легче перерабатывается;

- Чистота сырья: качество исходного материала сильно влияет на эффективность процесса и чистоту конечного продукта [10].

Несмотря на успехи в промышленном производстве хитозана, существуют проблемы, связанные с экологическими аспектами переработки морского сырья и экономичностью масштабирования производства. Однако новые методы синтеза и модификации хитозана открывают большие перспективы для его широкого применения в медицине, сельском хозяйстве и пищевой промышленности.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Методика проведения исследования

В июле 2025 года нами были куплены речные раки. Их панцири подверглись механической очистке и измельчению, сначала с помощью ступки и пестика, а затем с помощью кофемолки *Kitfort*. Также были собраны раковины мидий, подвергли их очистке, высушили при 50 °С и измельчили с помощью кофемолки.



Рис. 1-2 Подготовительный этап (июль 2025 г.)

При получении хитозана из речного рака и раковин мидий использовали методику Абдуллина В.Ф. - им была разработана технология получения хитозана из панциря речного рака [11].

Технология получения хитозана включает четыре стадии:

- измельчение панцирей раков;
- деминерализация;
- депротоинирование;
- деацетилирование.

При измельчении панциря оптимальный средний размер частиц составляет 3-4 мм, что позволяет увеличить активную поверхность материала при химических превращениях.



Рис. 3-4 Измельчение панциря и раковин мидий

Для удаления минеральных веществ, препятствующих доступу реагентов к хитину, проводится стадия деминерализации. Этот процесс включает обработку

измельченного панциря слабым раствором соляной кислоты, которая растворяет карбонат кальция и другие минеральные примеси.

Сухой измельченный панцирь речных раков массой 50 г заливали 4% раствором HCl в соотношении 1:6 и перемешивали в течение 1,5 часов при комнатной температуре. Полученную массу фильтровали и промывали.

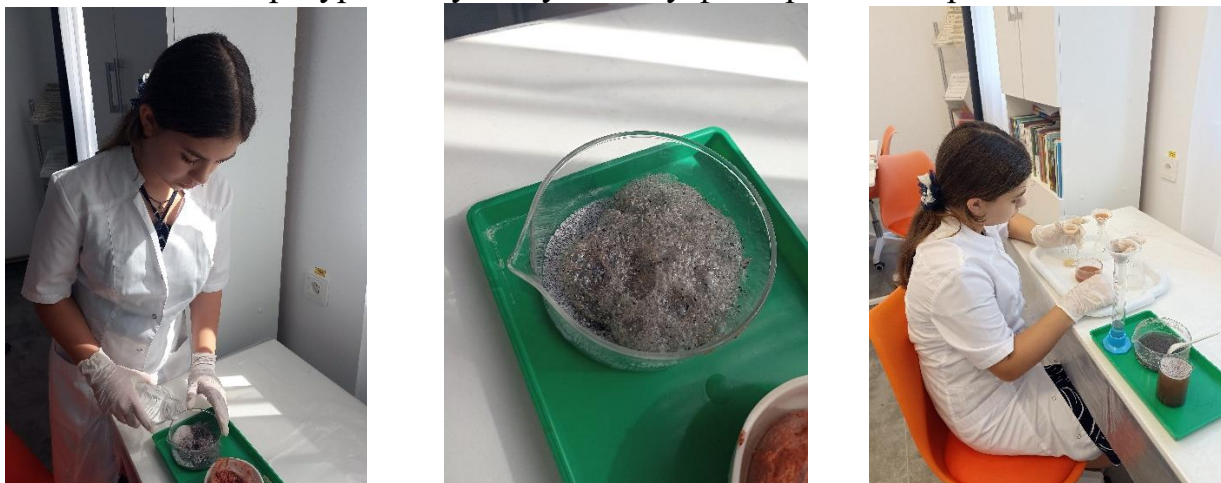


Рис. 5-7 Деминерализация

После этого следует стадия депротенирования, направленная на удаление белков и липидов из панциря. Для этого используется обработка измельченного материала слабым раствором гидроксида натрия. В результате выделяется хитин, который затем подвергается деацетилированию, превращаясь в хитозан. Деацетилирование осуществляется путем обработки хитина концентрированной горячей щелочью.

Отфильтрованный осадок обрабатывали 4% раствором NaOH в соотношении 1:6 и перемешивали в течение часа при температуре 70-90°C. После этого хитозан фильтровали, промывали и сушили.

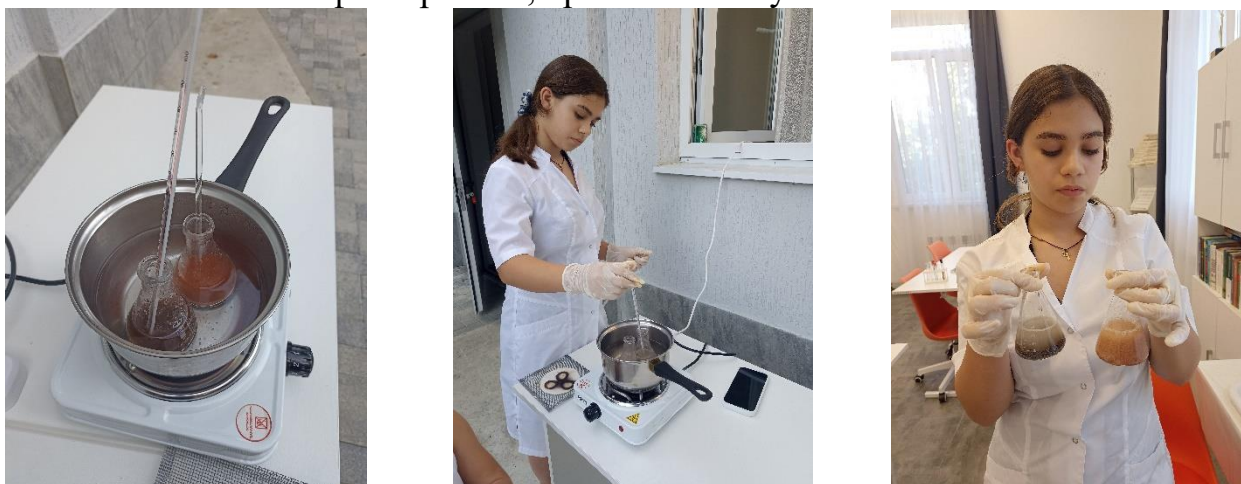


Рис. 8-10 Деацетилирование

В пищевой промышленности хитозан используется в качестве загустителя, особенно в молочной отрасли.

В опыте на изучение хитозана как загустителя были использованы мерные стаканы для измерения растворов, водный термометр, ареометр для определения плотности молока, датчик плотности физической лаборатории.

Для исследования свойств хитозана как загустителя молока были проведены эксперименты. В четыре стеклянные емкости были налиты исследуемые образцы молока. В первой емкости было только молоко, она служила контрольным образцом. Во вторую емкость добавили 1,8 г хитозана из речного рака к 50 мл молока, в третью — 0,9 г хитозана из раковин мидий к 25 мл молока, в четвертую к 50 мл молока 1,8 г хитозана, купленного на маркетплейсе. Полученный раствор хорошо перемешивали и оставляли на два часа. Затем плотность растворов измеряли с помощью датчика физической лаборатории.

Аналогичный эксперимент был проведен в большем объеме с замером плотности ареометром. На 100 мл молока было добавлено по 3,6 г хитозана, различного происхождения, включая два полученных нами.



Рис. 11-13 Изучение плотности молока, при добавлении хитина

3.2 Анализ применения хитозана как загустителя

Чистый и сухой ареометр опускали в молоко и оставляли на две минуты. Показания прибора снимали по верхнему краю мениска. Результаты исследования показали, что в контрольной пробе плотность составила 1017 г/см^3 , во второй емкости с хитозаном из речного рака — 1060 г/см^3 , в третьей емкости с хитозаном из раковин мидий — 1032 г/см^3 , а в четвертой с хитозаном из маркетплейса 1075 г/см^3 . Это наглядно демонстрирует, что хитозан из речного рака обладает высокими загущающими свойствами.

Для сравнения свойств хитина и хитозана как загустителей провели дополнительное исследование. По той же методике и алгоритму действий (1,8 г хитина из речного рака на 50 мл молока, 0,9 г хитина из раковин мидий) изучили влияние хитина на молоко. Результаты подтвердили предположения: вязкость раствора с хитином из речного рака составила 1025 г/см^3 , а с хитином из раковин мидий — 1012 г/см^3 . Таким образом, хитозан в качестве загустителя демонстрирует значительно более высокие свойства по сравнению с хитином.

При трех повторностях замера плотности молока с помощью датчика физической лаборатории в среднем получили такой же результат, как и при замере ареометром.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получение хитозана как побочного продукта пищевой промышленности является перспективным направлением, которое позволяет эффективно использовать отходы и создавать ценные продукты.

Несмотря на значительный прогресс в изучении хитозана, многие аспекты остаются недостаточно изученными, что создает простор для дальнейших исследований и открытий.

Основные направления будущих исследований

Механизмы биологической активности: необходимо глубже изучить механизмы, лежащие в основе биологической активности хитозана. Важно определить конкретные участки молекулы, ответственные за проявляемые эффекты, такие как стимуляция роста растений, противовоспалительные и антибактерицидные свойства.

Оптимизация производственных процессов: дальнейшее улучшение методов экстракции и очистки хитозана позволит повысить выход целевого продукта и снизить затраты на производство. Важным аспектом является разработка эффективных способов контроля над степенью дезацетилирования и молекулярной массой хитозана.

Модификация свойств: создание модификаций хитозана с заданными характеристиками, такими как повышенная растворимость, стабильность, биоактивность, откроет новые горизонты для прикладных разработок [9].

1. Список литературы

1. Королев, Н. Н. Современные подходы к применению хитозанов в защите растений / Н. Н. Королев, Т. В. Иванова // Вестник сельскохозяйственной науки. — 2021. — № 4.
2. Попова, Е. И. Применение хитозановых удобрений для повышения урожайности озимой пшеницы / Е. И. Попова. — М.: Издательство Московского государственного университета, 2020.
3. Карпенко, В. П. Перспективы использования хитозана в ветеринарии и кормопроизводстве / В. П. Карпенко, Д. С. Сергеева // Ветеринарная наука и практика. — 2021.
4. Горшков, А. М. Биологические свойства хитозана и его применение в земледелии: учебное пособие для студентов вузов сельскохозяйственного профиля / А. М. Горшков. — СПб.: СПбГУ, 2022.
5. Андреева, Э. Г. Методы оценки эффективности применения хитозановых препаратов в сельском хозяйстве: серия «Новые технологические решения в аграрном секторе» / Э. Г. Андреева, А. Б. Макарова. — Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет, 2023.
6. Сергеев, И. К. Технология производства и применения хитозановых композитов в растениеводстве: монография / И. К. Сергеев, Я. В. Савченко. — Самара: Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, 2022.
7. Комиссаренко, Б. Ф. Основы применения хитозана в современном сельском хозяйстве / Б. Ф. Комиссаренко, А. Л. Тихонович // Альманах молодых учёных аграриев. — Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2021. — Вып. 3.
8. Гальбрайт, Л. С. Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / Л. С. Гальбрайт // Соросовский образовательный журнал. — 2001. — С. 51–56.
9. Дубинская, А. М. Применение хитина и его производных в медицине / А. М. Дубинская, А. Е. Добротворская // Химико-фармацевтический журнал. — 1989. — С. 623–628.
10. Скрыбин, К. Г. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / К. Г. Скрыбин, Г. А. Вихорева, В. П. Варламов. — Москва, 2002. — С. 51–52.
11. Абдуллин, В. Ф. Технология и свойства биополимера хитозана из панциря речного рака: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. Ф. Абдуллин. — Саратов, 2006. — С. 25–35.