

УДК 663/66: 664.959

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ БИОПОЛИМЕРА ХИТОЗАНА

### MODERN WAYS OF RECEIVING AND USE OF BIOPOLYMER OF CHITOSAN

#### **Касьянов Геннадий Иванович**

доктор технических наук,  
профессор, профессор кафедры  
технологии продуктов питания  
животного происхождения,  
Кубанский государственный  
технологический университет

#### **Кубенко Егор Георгиевич**

канд. техн. наук, технолог,  
ООО «Экологически чистые  
пищевые технологии»

**Аннотация.** Целью исследования был аналитический обзор способов получения и применения хитозана, а также возможность получения хитозана из нетрадиционного панцирьсодержащего сырья. Хитозан относится к катионным аминополисахаридам природного происхождения, существует в виде сополимера глюкозамина и N-ацетилглюкозамина, получаемого путем частичного дезацетилирования хитина. Если традиционные полисахариды типа целлюлозы, каррагинана, декстрана, пектина, агар-агара, агарозы, гепарина, альгиновой кислоты, обладающих нейтральной или кислой природой, то хитозан относится к высокоосновным биополимерам. Из-за наличия аминогрупп в структуре, хитозан имеет ряд специфических характеристик. Например, он действует как хелатирующий агент, способный формировать пленки и, даже, при взаимодействии с противоположно заряженными полимерами, может образовывать полиэлектролитные комплексы.

Обычно хитозан представляется в виде аморфно-кристаллического полимера, существующего в нескольких полиморфных модификациях или в форме водорастворимых солей в разбавленных растворах органических и неорганических кислот.

Перечисленные свойства хитозана явились основанием для выполнения настоящей работы. Принимая во внимание ограниченные ресурсы панцирьсодержащего сырья в Краснодарском крае, мы обратили внимание на очень распространенный вид мелких ракообразных – азовский гаммарус. При этом потребовалось разработать технику и технологию получения хитозана из нетрадиционного сырья и проанализировать его свойства.

В статье обоснована целесообразность использования газожидкостной технологии для получения хитозана из панцирей азовского гаммаруса, а также предложены режимы газожидкостной обработки. В период выполнения работы были исследованы свойства хитозана, полученного из хитина гаммаруса азовского и проанализировано влияние хитозана на пищевые продукты.

#### **Kasyanov Gennady Ivanovich**

doctor of engineering, professor,  
professor of department of technology  
food of an animal origins  
Kuban state technological university

#### **Kubenko Egor Georgiyevich**

candidate of technical sciences,  
technologist,  
Ltd company «Environmentally friendly  
food technologies»

**Annotation.** The state-of-the-art review of methods of obtaining and use of chitosan, and also a possibility of receipt of chitosan from nonconventional pantsirsoderzhashchy raw materials was a research purpose. Chitosan belongs to cationic aminopolysaccharides of a natural origin, exists in the form of copolymer of the glycosamine and N-atsetilglyukozamina received by a partial dezatsetilirovaniye of chitin. If traditional polysaccharides like cellulose, a karraginana, a dextran, pectin, an agar agar, agaroses, heparin, the alginic acid possessing the neutral or sour nature, then chitosan belongs to high-basic biopolymers. Because of availability of amino groups in structure, chitosan has a number of specific characteristics. For example, he acts as the helatiruyushchy agent capable to create films and, even, in case of interaction with opposite loaded polymers can form polyelectrolytic complexes.

Usually chitosan is presented in the form of the amorphous and crystal polymer existing in several polymorphic modifications or in the form of water-soluble salts in the diluted solutions of organic and inorganic acids.

The listed properties of chitosan were the basis for accomplishment of this work. In view of limited resources of pantsirsoderzhashchy raw materials in Krasnodar Krai, we paid attention to very widespread type of small Crustacea – Azov gamma Russian. At the same time it was required to develop the equipment and technology of receipt of chitosan from nonconventional raw materials and to analyse its properties.

In article feasibility of use of gas-liquid technology for receipt of chitosan from armors of the Azov gammarus is proved, and also the modes of gas-liquid handling are offered. During performance of work properties of the chitosan received from chitin of a gammarus Azov were researched and influence of chitosan on foodstuff is analysed.

**Ключевые слова:** хитин, дезацетилирование, хитозан, реология, вязкость, приборы, биотехнология, биоинженерия.

**Keywords:** chitin, dezatsetilirovaniye, chitosan, rheology, viscosity, devices, biotechnology, bioengineering.

### Введение.

Исследование относится к пищевой отрасли промышленности, применительно к способам получения и применения натуральных структурообразователей. Сырьем для получения хитозана является хитин (поли-N-ацетил-D-глюкозамин). Благодаря уникальным биохимическим и технологическим свойствам хитозан относится к важнейшим природным пищевым и медицинским биополимерам, нашедшем широкое потребление во многих отраслях промышленности. По химической структуре хитозан относится к полисахаридам, содержащего свободные аминогруппы, позволяющие ему связывать ионы водорода с избыточным положительным зарядом хорошего катионита. Хитозан представляет собой случайно-связанные  $\beta$ -(1-4) D-глюкозаминовые звенья и N-ацетил-D-глюкозамина. Наличие большого количества водородных связей способствует связыванию ионов тяжелых металлов, радиоизотопов, жиров, бактериальных токсинов и токсинов, образующихся в процессе пищеварения.

Высокие формообразующие и функциональные свойства хитозана на протяжении нескольких десятилетий привлекают внимание многих исследователей. Классическим естественным сырьем для получения хитозана является хитин панциря морских крабов и речных раков, креветок, криля, лангустов, омаров. Хитин образует наружный скелет зоопланктона, кораллов, медуз и насекомых. После отделения от хитина белковой части и соответствующей очистки с помощью протеолитических ферментов, осуществляют трансформацию его в хитозан способом деацетилирования.

Однако традиционные способы получения хитозана из хитина панциря ракообразных не позволяют получать достаточное количество готового продукта. Трудями ряда ученых предложено получать хитозан из хитина рачков гаммарусов. Усовершенствован биотехнологический способ получения хитозана из природного возобновляемого сырья азовского, алтайского и балтийского рачка-бокоплава гаммаруса. Актуальность темы исследования заключается в расширении ассортимента сырья для получения натурального структурообразователя. Этой теме в сентябре 2016 г. была посвящена 13 международная конференция «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана» и будет продолжена на Шорыгинских хитиновых чтениях 17–19 марта 2017 г.

Промышленное освоение технологии производства хитина и хитозана до 2,5 тыс. т в год отмечено в Японии, в Америке до 1 тыс. т, в Китае до 400 т, европейские прибрежные страны выпускают до 100 т хитозана в год. В России объем выпуска хитина и хитозана достигает 80 т в год, в то время как потребность в них превышает 200 т в год. Перед отраслью поставлена задача, в порядке импортозамещения, существенно увеличить выпуск отечественного хитозана.

Фундаментальные исследования в области получения хитозана из хитина начались с работ известных нобелевских лауреатов E. Fischera, P. Karrera W.N. Hawortha. Из отечественных ученых, работавших в данном направлении следует отметить Быкова В.П., Варламова В.П., Данилова С.Н., Мезенову О.Я., Немцева С.В., Садова Ф.И., Шорыгина П.П. [4, 5, 11].

Значительное внимание в выполненных исследованиях уделялось отработке технологии получения хитозана из разнообразного сырья [1, 6–8].

Известны способы применения хитозана в биотехнологии и экологии, пищевой промышленности, медицине, косметике, сельском хозяйстве и ветеринарии [2, 3, 9, 10, 12]. Многие производные хитозана обладают рядом новых свойств. Например, N-карбоксилметилхитозан является консервантом и сохраняет свежий вкус и аромат мясного сырья [4].

Несмотря на значительное число выполненных исследований, не до конца решенными остаются вопросы расширения сырьевой базы и дальнейшего совершенствования способов получения хитозана. В таблице 1 приведен массовый состав компонентов хитинсодержащего сырья.

Таблица 1 – Массовый состав компонентов хитинсодержащего сырья, %

Виды хитинсодержащего сырья	Белок	Жир	Зола	Хитин
Скелетная пластинка кальмара	0,5	3–5	0,5–2	30–35
Панцирь креветки сухой	44–56	10–13	26–29	17–20
Панцирь крабов сухой	25–30	2–4	35–40	24–30
Панцирь криля сухой	22–29	2–4	21–23	26–29
Рачок гаммарус сухой	49–52	6–8	16–19	22–26
Сухой подмор пчёл	50–80	0,3	2–3	10–12

Как видно из данных таблицы 1, содержание хитина в панцире рачка гаммаруса практически не уступает большинству источников его получения.

Целью исследований является получение хитозана из хитина азовского гаммаруса.

### Исследования свойств хитозана, полученного из хитина гаммаруса азовского

С участием авторов разработан способ получения хитозана деацетилизацией хитина панциря азовского гаммаруса аммиаком под давлением до 4 МПа. Биополимер хитозан полученный по оригинальной технологии из хитина панциря гаммаруса азовского имеет ряд индивидуальных свойств, отражающий особенности исходного сырья. С участием автора запатентована полезная модель «Устройство для получения хитозана» № 120 547. На рисунке 1 показана схема способа получения хитозана.

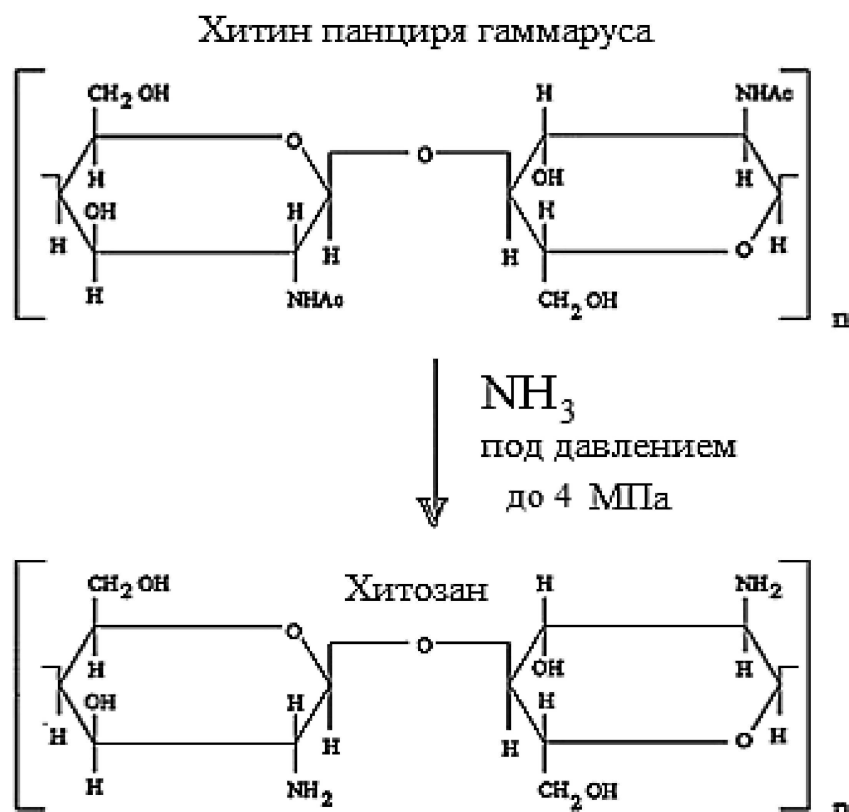


Рисунок 1 – Способ получения хитозана деацетилизацией хитина панциря азовского гаммаруса аммиаком

### Органолептические свойства гаммарусового хитозана

В таблице 2 приведены органолептические показатели биополимера хитозана, полученного из гаммаруса азовского по оригинальной авторской технологии.

Таблица 2– Органолептические показатели хитозана

Наименование	Характеристика и значение показателя	
	Хитозан из хитина азовского гаммаруса	Хитозан из хитина ракообразных
Вид	Тонкоизмельченные частицы	Мелковолокнистые частицы
Цвет	Розовый	Белый
Вкус и запах	Нейтральный вкус и запах	Нейтральный вкус и запах

На рисунке 2 показан внешний вид образца хитозана из гаммаруса азовского.

Как видно из данных таблицы 1, органолептические показатели полученного образца гаммаруса азовского, близки к свойствам биополимера хитозана, полученного традиционным способом из панциря хитина ракообразных. Единственным отличием полученного образца от хитозана по традиционной технологии является его розовая окраска, из-за отсутствия в технологической схеме стадии отбеливания.



Рисунок 2 – Образец хитозана из гаммаруса азовского

#### Микробиологические показатели безопасности хитозана из гаммаруса

Микробиологическую стабильность образца хитозана из азовского гаммаруса определяли в лабораторных условиях кафедры биоорганической химии и технической микробиологии КубГТУ.

В таблице 3 приведены микробиологические показатели безопасности хитозана из гаммаруса.

Таблица 3 – Микробиологические показатели безопасности хитозана из гаммаруса

Наименование показателя	Нормативный показатель	Фактическое содержание
КМАФАМ, КОЕ в 1 г продукта	$4 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$
Бактерии группы кишечной палочки	не допускается	не обнаружены
Патогенные микроорганизмы	не допускается	не обнаружены
Плесневые грибы	$2 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$

Как видно из данных таблицы 3, установлена микробиологическая безопасность образца хитозана, полученного из гаммаруса азовского на запатентованной авторами установке.

#### Физико-химические свойства хитозана, полученного по разработанной технологии

Определение физико-химических и минеральных свойств хитозана из гаммаруса азовского проводились в технологической лаборатории института пищевой и перерабатывающей промышленности ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». Данные представлены в таблицах 4, 5.

Таблица 4 – Физико-химические свойства гаммарусового хитозана

Наименование	Хитозан	
	по разработанной технологии из гаммаруса азовского	по традиционной технологии из панциря ракообразных
Молекулярная масса	320	270
Массовая доля, %	10	12
Влаги	0,2	0,4
Вязкость относительная	24,2	22,0
Степень деацетилирования, %	94,4	80,4
Массовая доля ионов тяжелых металлов, мкг/г:		
меди	0,67	3,2
цинка	–	0,1

Как видно из данных таблицы 4, физико-химические свойства гаммарусового хитозана практически близки по свойствам хитозану по традиционной технологии.

Таблица 5 – Содержание минеральных веществ в хитозане из гаммаруса азовского

Элемент, мг/кг	Хитозан	
	по разработанной технологии из гаммаруса азовского	по традиционной технологии из панциря ракообразных
Йод	0,32	0,38
Железо	0,45	0,65
Калий	0,43	0,52
Кальций	11,65	10,85
Магний	0,95	1,2
Медь	0,67	0,98
Натрий	1,95	2,35
Селен	0,26	0,15
Цинк	0,58	0,63

В результате анализа данных таблицы 5, можно сделать вывод, что физико-химические свойства хитозана, полученного из хитина гаммаруса азовского газожидкостным способом, в лучшую сторону отличаются от хитозана, полученного по традиционной технологии из панциря ракообразных. Наличие в образце полученного хитозана эссенциальных микроэлементов, подтверждает его полезные свойства.

Исследование гаммарусового хитозана спектроскопическим методом

Методом инфракрасной спектроскопии сравнивали характеристики хитозана из гаммаруса азовского с хитозаном из краба камчатского фирмы «Эвалар».

Показатели элементарного состава хитозана представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели элементарного состава образцов хитозана

Наименование	Химический состав хитозана		
	углерод, %	водород, %	азот, %
Краб камчатский	42,6	5,9	6,8
Гаммарус азовский	42,8	5,8	6,7
Гаммарус озерный	43,8	6,3	7,3
По формуле	44,7	6,9	8,7

Установлено, что хитозан полученный из гаммаруса азовского имеет показатели углерода, водорода и азота, схожие с показателями хитозана из краба камчатского.

Оценку структуры хитозана из гаммаруса азовского и хитозана из камчатского краба фирмы «Эвалар» проводили ИК-спектроскопией. Показатели исследования представлены на рисунке 3.

Поглощение, отн. ед.

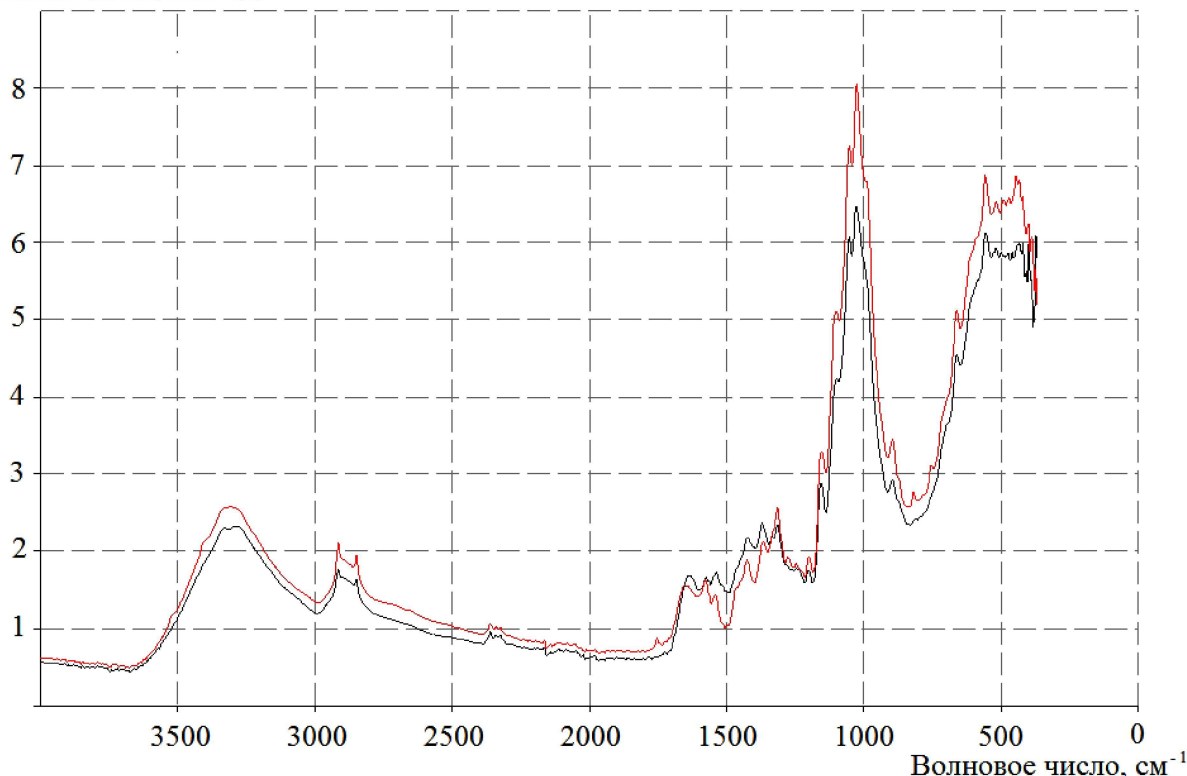


Рисунок 3 – ИК-спектр хитозана из гаммаруса азовского и хитозана из камчатского краба фирмы «Эвалар»

Спектры записаны на ИК фурье-спектрометре ИнфраЛЮМ ФТ-02 центра коллективного пользования КубГТУ.

На рисунке черным цветом записан спектр хитозана из гаммаруса азовского, а красным цветом – спектр хитозана камчатского краба. На рисунке видны следующие характеристические полосы спектров поглощения: валентные  $\nu\text{NH}_2 = 3200 - 3500 \text{ см}^{-1}$  и деформационные колебания  $\delta\text{NH}_2 = 1400 - 1100 \text{ см}^{-1}$ , с наложением слабо характеристических (скелетных) колебаний молекулы C-N-связей. Деформационные ( $\delta\text{CH}_2$  и  $\delta\text{CH}_3$ ) колебания характерны для полос слабой интенсивности при  $1300-1400 \text{ см}^{-1}$  скорее всего соответствуют деформационным колебаниям ОН-связей. На рисунке 3 представлены ИК-спектры образцов в области поглощения полос амидной группы (при  $1660$  и  $1550 \text{ см}^{-1}$ , соответственно) и деформационных колебаний свободных аминогрупп при  $1590 \text{ см}^{-1}$ .

В целом характер полос поглощения показывает идентичность обоих образцов по их химическому строению, что позволяет использовать хитозан полученный из гаммаруса азовского в пищевой технологии.

#### Исследование хитозана из гаммаруса азовского методом ЯМР-спектроскопии

Исходным материалом служил хитозан полученный по разработанной авторами технологии из хитина гаммаруса азовского. С использованием способа химической деполимеризации хитозана соляной кислотой, была получена фракция с молекулярной массой  $20 \text{ кДа}$  (ММ). Степень дезацетилирования (СД) по данным ЯМР-спектроскопии (рис. 4) и кондуктометрического титрования составляет  $98-100 \%$ . Повышение СД зависит от расщепления ацетамидных связей при химическом гидролизе хитозана.

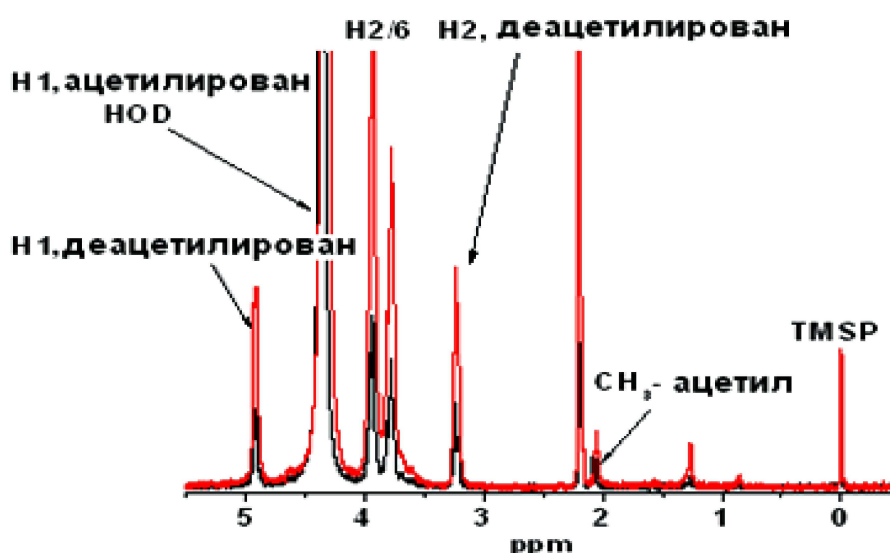


Рисунок 4- ЯМР спектр хитозана из гаммаруса азовского

С помощью высокоэффективной гель-проникающей хроматографии определяли молекулярную массу образцов. Полученная фракция хитозана была использована для синтеза ряда производных. Наиболее используемым и легким подходом придания полимеру сильных катионных свойств является кватернизация хитозана, так как реакция протекает в мягких условиях с высоким выходом продукта. Ацилирование проводилось с целью увеличения сродства к мембранам бактериальных клеток, так как полученные производные планируется использовать в качестве антибактериального агента.

На рисунке 5 приведена хроматограмма образца хитозана из гаммаруса азовского.

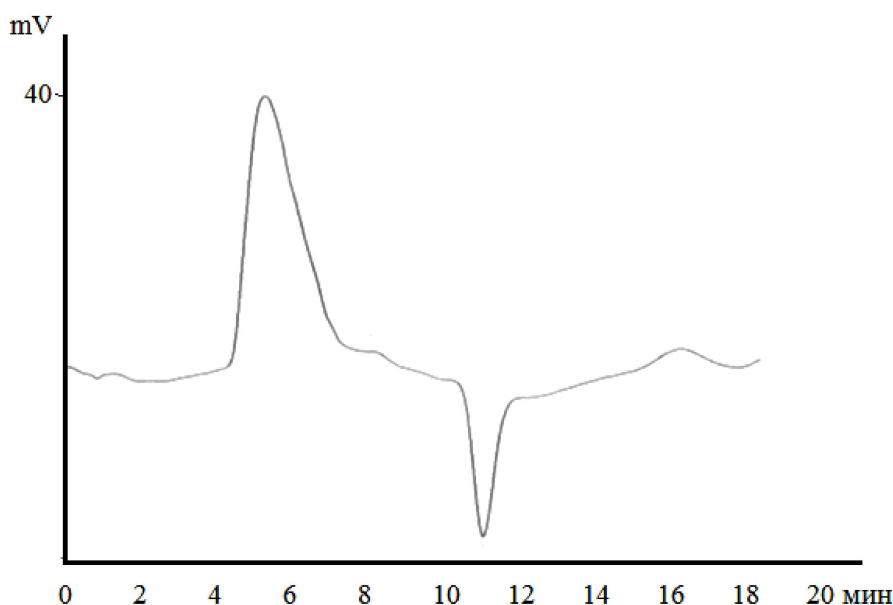


Рисунок 5 – Хроматограмма образца хитозана из гаммаруса азовского

#### Сорбционные свойства хитозана

Сорбционные свойства хитозана объясняются его высокой гидрофильностью и способностью для участия в сложных многостадийных процессах катализа, растворения, набухания, поверхностных химических реакций, транспорта низкомолекулярных веществ через мембраны. Для оценки сорбционной способности хитозана из хитина азовского гаммаруса использовали обращенную газовую хроматографию, позволяющей получить информацию о его надмолекулярной структуре.

Обнаружена высокая неоднородность структуры хитозана с наличием кристаллических и доступных для сорбции аморфных областей.

Выполнена термическая модификация хитозана, позволяющая удалить влагу, уменьшить растворимость и увеличить механическую прочность хитозановой пленки.

Изучена возможность извлечения гликозида линамарина из семян льна, который под влиянием фермента линазы в присутствии воды гидролизует с образованием синильной кислоты. В качестве сорбента предложено использовать хитозановую пленку, обладающую высокими сорбционными свойствами по отношению к гликозидам. На рисунке 6 показана возможность иммобилизации гликозидов льна на хитозановой пленке.

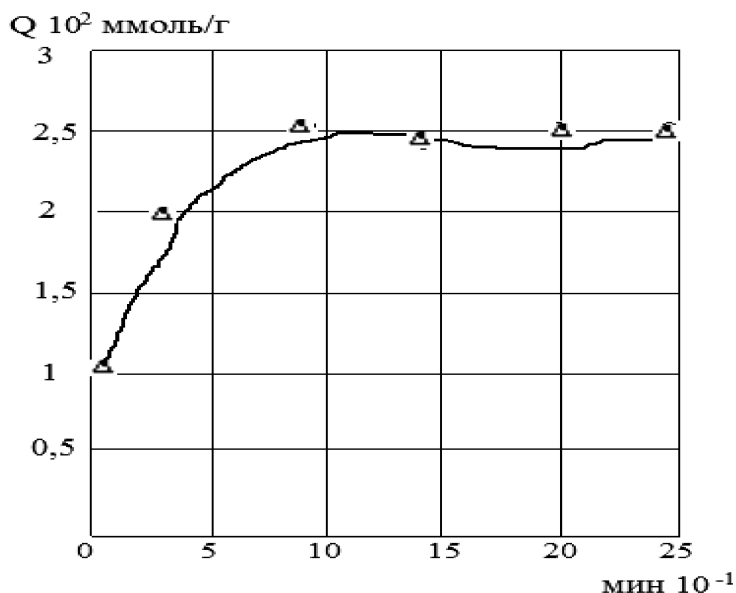


Рисунок 6 – Кривая сорбции гликозидов льна хитозаном

Как видно из данных рисунка 6, гликозиды льна успешно удаляются из раствора через 10–15 мин.

Установлено, что на пластинке модифицированного хитозана сравнительно эффективно сорбируются ионы тяжелых металлов. Сорбционное равновесие в гетерогенной системе достигается через 3 мин.

Зависимость степени сорбции хитозаном ионов свинца  $Pb(NO_3)_2$  (х.ч.) от pH раствора, показаны на изотермах сорбции на рисунке 7.

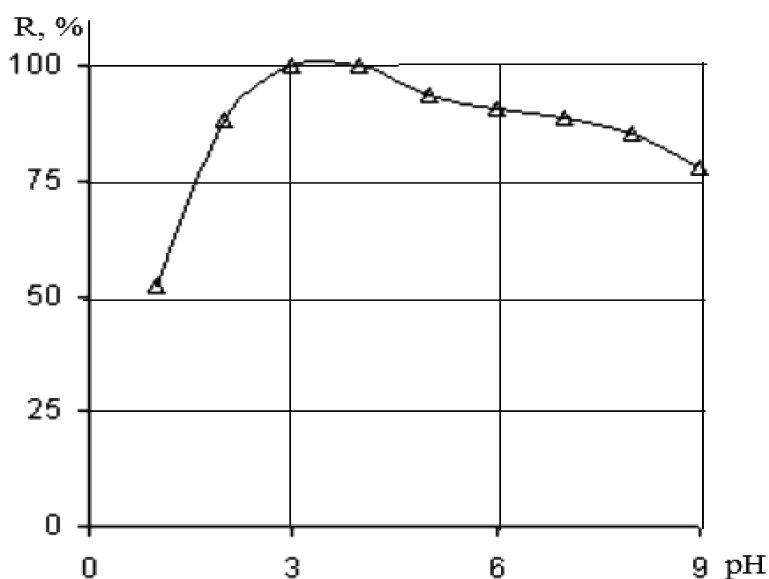


Рисунок 7 – Зависимость степени сорбции ионов свинца от pH раствора:  
 $C_0 = 1$  ммоль/л;  $V = 0,015$  л,  $g = 0,05$  г.



Как видно из данных рисунка 7, наибольшая сорбционная способность хитозана по отношению к ионам свинца обнаружена при рН среды 3–4.

Механизм извлечения ионов свинца из раствора описан с помощью уравнения изотермы адсорбции Ленгмюра:

$$A = \frac{A_{\infty} \cdot K \cdot C_e}{(1 + K \cdot C_e)},$$

где  $A_{\infty}$  – сорбционная емкость хитозана по свинцу, моль/кг;  $K$  – константа сорбционного равновесия интенсивности процесса сорбции, л/моль;  $C_e$  – равновесная концентрация сорбата, моль/л.

Определение величин  $A$  и  $K$  по распределению ионов свинца в гетерофазной системе водный раствор – хитозан, можно графически определить с помощью линеаризации изотермы сорбции:

$$\frac{C_e}{A} = \frac{C_e}{A_{\infty}} + \frac{1}{A_{\infty} \cdot K}.$$

### Исследование хитозана в качестве структурообразователя и консерванта

В результате исследований было выявлено, что хитозан необходимо вносить в пищевой продукт в виде раствора, т.к. порошкообразный хитозан обладает плохими структурообразующими свойствами.

На первом этапе исследований было изучено растворение хитозана. В эксперименте было исследовано растворение хитозана полученного по традиционной и по разработанной технологии в различных пищевых растворителях. Результаты исследования представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Растворимость хитозана из гаммаруса азовского

Образец	Растворимость, %			
	1 %-ная молочная кислота	2 %-ный водный раствор уксусной кислоты	5 %-й раствор лимонной кислоты	10 %-й раствор лимонной кислоты
Хитозан полученный по традиционной технологии	89,2	92,5	93,9	91,9
Хитозан полученный по разработанной технологии	99,7	99,2	98,5	99,7

Из таблицы 7 делаем вывод, что полученный по новой технологии хитозан хорошо растворяется в 1 %-ной молочной кислоте и в 10 %-ном растворе лимонной кислоты. В качестве пищевого растворителя нами была выбрана 1 %-ная молочная кислота, т.к. она исключает горький вкус раствора хитозана.

Второй этап исследований был посвящен изучению свойств растворов хитозана из гаммаруса азовского различной концентрации 1, 2, 4 % в 1 %-ной молочной кислоте. В таблице 8 представлены данные о свойствах хитозана в кислотных растворах.

Таблица 8 – Свойства растворов хитозана в молочной кислоте

Раствор хитозана	рН	Сенсорные показатели
1,0 %	3,11	Раствор светлого розового цвета, жидкой консистенции.
2,0 %	3,52	Раствор темновато розового цвета, полувязкой консистенции.
4,0 %	4,36	Раствор темно-розового цвета, вязкой консистенции.

Выполнялась задача по исследованию показателей эффективной вязкости однопроцентных растворов хитозана в молочной кислоте.

В лабораторных условиях была изучена вязкость слабokonцентрированных растворов хитозана (1, 2, 4 %) в 1 %-ной молочной кислоте.

Различают понятия эффективной (динамической) вязкости и кинематической. Кинематическая вязкость  $\nu$  вычисляется как отношение динамической вязкости  $\mu$  к плотности жидкости  $\rho$  и определяется формулой:  $\nu = \mu \div \rho$ , где  $\mu$  – динамическая вязкость, Па  $\times$  с,  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>. На рисунке 8 показана зависимость эффективной вязкости раствора хитозана от скорости сдвига.

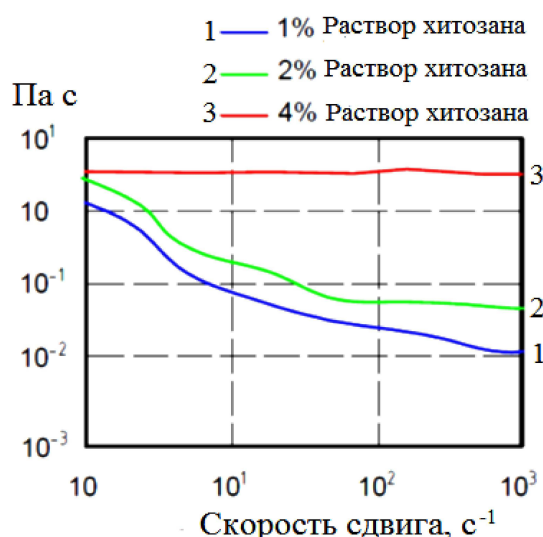


Рисунок 8 – Зависимость эффективной вязкости раствора хитозана от скорости сдвига

На рисунке 8 представлены кривые эффективной вязкости хитозана в растворах молочной кислоты разной концентрации. Из полученных результатов видно, что наблюдается закономерное повышение вязкости с ростом концентрации полимера в растворе, а также всё более заметным становится неньютоновское поведение системы. Вязкость растворов полимера с концентрацией 0,1–0,5 % масс не превышает 10 мПа  $\times$  с; полученные кривые свидетельствуют о том, что в результате исследования было выявлено, что 4 % раствор хитозана в 1 %-ной молочной кислоте сохраняет свою вязкость постоянно (показатель эффективной вязкости равен 0,001807 Па  $\times$  с), а 1, 2 – процентные растворы теряют свою вязкость через 3 дня (показатели эффективной вязкости равен 1 %-ного раствора равен 0,001609 Па  $\times$  с, 2 %-ного раствора равен 0,001703 Па  $\times$  с).

#### Апробация применения хитозана из азовского гаммаруса в качестве БАВ

Полученные в результате исследований результаты были апробированы в производственных условиях ОАО «Комбинат детского питания».

Были оценены возможности использования хитозана из азовского гаммаруса и его производных в качестве биологически активных веществ и добавок.

Заключительный этап исследований заключался в изучении влияния 4 %-ного раствора хитозана в 1 %-ной молочной кислоте на срок годности растительно-рыбных пищевых продуктов.

В качестве объектов исследования были выбраны растительно-рыбные паштеты, два вида хитозана (хитозан из панциря ракообразных) с молекулярной массой (ММ) 270 кДа и хитозан полученный по новой технологии из (гаммаруса азовского) с ММ 320 кДа. В отдельные образцы растительно-рыбного паштета вносили 4 %-ный раствор хитозана в 1 %-ной молочной кислоте с различной ММ хитозана. Данные представлены на рисунке 9.



а) Растительно-рыбный паштет с добавлением 4% раствора хитозана в 1%-ной молочной кислоте с ММ 270 кДа

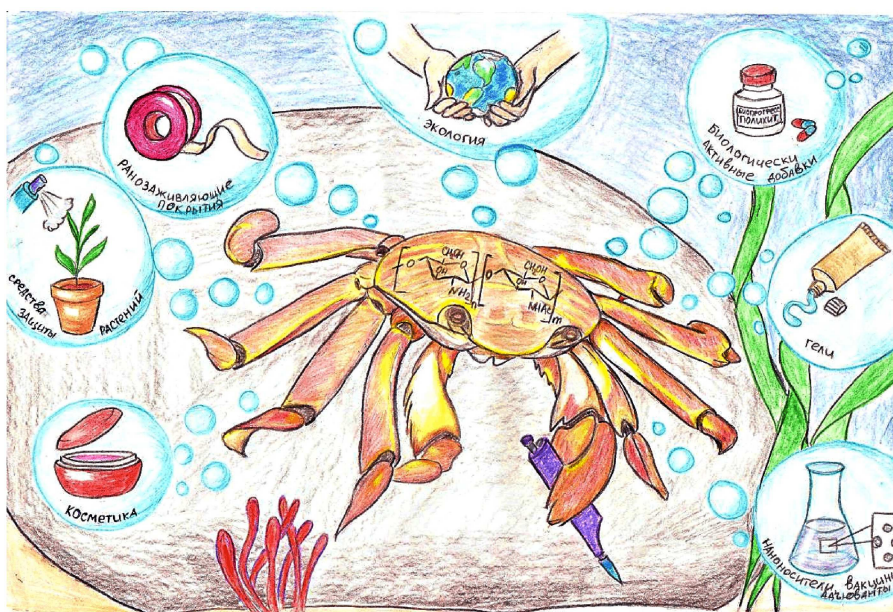


б) Растительно-рыбный паштет с добавлением 4% раствора хитозана в 1%-ной молочной кислоте с ММ 320 кДа

Рисунок 9 – Зависимость срока хранения паштета от молекулярной массы хитозана

Паштет упаковывали и проводили стерилизацию при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и продолжительностью 15 мин. Процесс хранения осуществлялся при температуре  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  с определением кМАФАнМ каждые 2 дня.

На графиках а, б отмечена прямая зависимость  $\tau_1$  и  $\tau_2$  от ММ полимера в паштете. Из представленных данных видно, что лучшим бактериостатическим действием обладает хитозан полученный по разработанной технологии «Б», в результате которого срок годности растительно-рыбного паштета увеличивается на 30 % от рекомендованного срока.



### Заключение

1. Разработан газо-жидкостный способ получения хитозана из хитина азовского гаммаруса при его комплексной переработке.

2. Изучены физико-химические свойства азовского гаммаруса по сравнению с гаммарусом алтайским и балтийским. Реологические и физико-химические свойства нового вида хитозана определяли спектральными и хроматографическими методами анализа.

3. Результаты исследований по использованию хитозана из азовского гаммаруса в составе растительно-рыбного паштета апробированы в опытно-промышленных условиях.

#### Литература:

1. Абдуллин В.Ф., Артёменко С.Е., Овчинникова Г.П. Технология и свойства хитозана из панциря речного рака // Вестник СГТУ. – 2006. – № 4 (16). – Вып. 1. – С. 18–24.
2. Буткевич Т.В. Использование хитозана в производстве молочных продуктов / Т.В. Буткевич, В.П. Варламов, И.А. Евдокимов, Л.Р. Алиева, В.П. Курченко // Труды БГУ. – 2014. – Т. 9. – Ч. 2. – С. 181–190.
3. Бучахчян Ж.В. Технология молочных неферментированных десертов, обогащенных альгинатом натрия и хитозаном / Ж.В. Бучахчян, Л.Р. Алиева, И.А. Евдокимов и др. // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – № 75 (01).
4. Варламов В.П. Хитин и хитозан: природа, получение и применение / Варламов В.П., Немцев С.В., Тихонов В.Е. – М. : Российское хитиновое общество, 2010. – 292 с.
5. Гартман О.Р., Воробьева В.М. Технология и свойства хитозана из рачка гаммарус // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–5. – С. 1188–1192.
6. Григорьева Е.В. Обоснование переработки гаммаруса Балтийского моря (*Gammarus lacustris*) методами биотехнологии : автореф. дис. ... канд. хим. наук. – М. : ВНИРО, 2008. – 24 с.
7. Кубенко Е.Г. Разработка технологии получения хитозана из гаммаруса азовского и его использование при производстве растительно-рыбных пищевых продуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар : КубГТУ, 2014. – 24 с.
8. Солдатова С.Ю. Разработка технологии получения хитозана из панцирьсодержащего сырья // Вестник Нижневартковского государственного университета. – 2015. – № 1. – С. 48–56.
9. Anitha A, Sowmya S, Sudheesh Kumar P.T, Deepathi S, Chennazhi K.P, Ehrlich H, Tsurkan M, Jayakumar R. Chitin and chitosan in selected biomedical applications // Progress in Polymer Science. – 2014. – № 39. – P. 1644–1647.
10. Evdokimov I.A. Functional food with chitosan in erosion damage of the gastric mucosa in rats / I.A. Evdokimov, R.O. Budkevich, J.V. Buchakhchyan, L.R. Aliyeva, E.V. Budkevich // 2-nd International ISEKI Food Conference. – Milan, 2011. – 200 p.
11. Czechowska-Biskup R., Jarosińska D, Rokita B, Ulański P, Rosiak JM; (2012) Determination of degree of deacetylation of chitosan – comparison of methods // Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives. – № 17. – P. 5–20.
12. Zhong L., Zhu X., Luo X., Su W. Dissolution properties and physical characterization of telmisartan-chitosan solid dispersions prepared by mechanochemical activation // AAPS Pharm. Sci. Tech. – 2013. – № 14. – P. 541–550.

#### References:

1. Abdullin V.F., Artyomenko S.E., Ovchinnikova G.P. Technology and properties of chitosan from a crawfish armor // the SGTU Bulletin. – 2006. – No. 4 (16). – Issue 1. – P. 18–24.
2. Butkevich T.V. Use of chitosan in production of dairy products / T.V. Butkevich, V.P. Varlamov, I.A. Evdokimov, L.R. Aliyeva, V.P. Kurchenko // Works BGU. – 2014. – T. 9. – P. 2. – P. 181–190.
3. Buchakhchyan Zh.V. Technology of the milk not fermented desserts enriched with alginate of sodium and chitosan / Zh.V. Buchakhchyan, L.R. Aliyeva, I.A. Evdokimov, etc. // Scientific magazine of KubSTU [An electronic resource]. – Krasnodar : KubSTU, 2012. – No. 75 (01).
4. Varlamov V.P. Chitin and chitosan: nature, obtaining and Application / Varlamov V.P., Germans S.V., Tikhonov V.E. – M. : Russian chitinous society, 2010. – 292 p.
5. Gartman O.R., Vorobyova V.M. Technology and properties of chitosan from a crustacean gammarus // Basic researches. – 2013. – No. 6–5. – P. 1188–1192.
6. Grigorieva E. V. Reasons for conversion of a gammarus of the Baltic Sea (*Gammarus lacustris*) by biotechnology methods: abstract yew. ... cand. chem. sci. – M. : VNIRO, 2008. – 24 p.
7. Kubenko E. G. Development of technology of receipt of chitosan from a gammarus Azov and its use in case of production of vegetable and fish foodstuff: abstract yew. ... cand. tech. sci. – Krasnodar : KubSTU, 2014. – 24 p.

8. Soldatova S.Yu. Development of technology of receipt of chitosan from pantsirsoderzhashchy raw materials//Messenger of the Nizhnevartovsk state university. – 2015. – No. 1. – P. 48–56.
9. Anitha A, Sowmya S, Sudheesh Kumar P.T, Deepathi S, Chennazhi K.P, Ehrlich H, Tsurkan M, Jayakumar R. Chitin and chitosan in selected biomedical applications // Progress in Polymer Science. – 2014. – No. 39. – River of 1644–1647.
10. Evdokimov I.A. Functional food with chitosan in erosion damage of the gastric mucosa in rats/I.A. Evdokimov, R.O. Budkevich, J.V. Buchakhchyan, L.R. Alieva, E.V. Budkevich // 2-nd of International ISEKI Food Conference. – Milan, 2011. – 200 p.
11. Czechowska-Biskup R., Jarosidska D., Rokita B., Uladski P., Rosiak J.M. (2012) Determination of degree of deacetylation of chitosan – comparison of methods // Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives. – No. 17. – P. 5–20.
12. Zhong L., Zhu X, Luo X, Su W. Dissolution properties and physical characterization of telmisartan-chitosan solid dispersions prepared by mechanochemical activation // AAPS Pharm. Sci. Tech. – 2013. – No. 14. – P. 541–550.