

Научная статья

УДК 665.662.2

<https://doi.org/10.37493/2307-910X.2024.4.6>

Качественные и физико-химические показатели образцов хитозана и их сравнительная характеристика с импортными аналогами

Оксана Валерьевна Павлова^{1*}, Славамир Степанович Ануфрик²,
Евгения Ивановна Эйсымонт³, Мария Михайловна Трусова⁴

^{1, 2, 3, 4} Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь

¹ pavlova@grsu.by

² anufrik@grsu.by

³ eisymont@grsu.by

⁴ brui.92@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку: Оксана Валерьевна Павлова, pavlova@grsu.by

Аннотация. Работа посвящена исследованию качественных и физико-химических показателей хитозана, полученных путем кислотно-щелочного гидролиза и ферментативного гидролиза, и их сравнительной характеристике с импортным аналогом. Во введении обозначена проблема в области получения и применения технологических вспомогательных материалов в индустрии напитков. Научная задача сводится к сравнительной характеристике полученных экспериментально технологических вспомогательных материалов (хитозан со степенью деацетилирования 64-67%, не растворимый в 1 % растворах органических кислот, хитозан со степенью деацетилирования 96-98%, растворимый в 1 % растворах органических кислот и импортный хитозан (Китай), с целью получения импортозамещения. В качестве материалов и методов использовались классические методы физико-химического анализа для определения концентрации химических элементов в образцах хитозана, статистический метод анализа. Установлено, что образец хитозана со СД 96-98 %, имеет структуру схожую со структурой хитозана произведенного в Китае, хитозан со СД 64-67 % имеет аморфно-кристаллическую структуру. В заключении сделан вывод о соответствии качества полученных образцов эталонному хитозану, о перспективе применения хитозана в технологических процессах с учетом его структурных особенностей.

Ключевые слова: хитозан, рентгено-флуоресцентный анализ, микроскопия, степень деацетилирования, импортозамещение

Для цитирования: Павлова О. В., Ануфрик С. С., Эйсымонт Е. И., Трусова М. М. Качественные и физико-химические показатели образцов хитозана и их сравнительная характеристика с импортными аналогами // Современная наука и инновации. 2024. № 4. С. 60-72. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2024.4.6>

Финансирование: экспериментальные исследования выполнены в рамках гранта отдельных проектов Министерства образования Республики Беларусь «Использование вторичных продуктов биотехнологического синтеза лимонной кислоты для получения хитозана и его олигомеров» (договор №01-23 от 28.08.2023, номер госрегистрации 20231556).

Research article

Qualitative and physical-chemical indicators of chitosan samples and their comparative characteristics with imported analogues

© Павлова О. В., Ануфрик С. С., Эйсымонт Е. И., Трусова М. М., 2024

**Oksana V. Pavlova^{1*}, Slavamir S. Anufrik²,
Evgenia I. Eisymont³, Maria M. Trusova⁴**

^{1, 2, 3, 4} Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus

¹ pavlova@grsu.by

² anufrik@grsu.by

³ eisymont@grsu.by

⁴ brui.92@mail.ru

* **Corresponding author:** Oksana V. Pavlova, pavlova@grsu.by

Abstract. The work is devoted to the study of the qualitative and physicochemical indicators of chitosan obtained by acid-base hydrolysis and enzymatic hydrolysis, and their comparative characteristics with an imported analogue. The introduction identifies the problem in the field of obtaining and using technological auxiliary materials in the beverage industry. The scientific task is to compare the experimentally obtained technological auxiliary materials (chitosan with a deacetylation degree of 62%, insoluble in 1% solutions of organic acids, chitosan with a deacetylation degree of 98%, soluble in 1% solutions of organic acids and imported chitosan (China) in order to obtain import substitution. Classical methods of physicochemical analysis were used as materials and methods to determine the concentration of chemical elements in chitosan samples, a statistical analysis method. It was found that a chitosan sample with a deacetylation degree of 98% has a structure similar to the structure of chitosan produced in China, chitosan with a deacetylation degree of 62% has an amorphous-crystalline structure. In conclusion, a conclusion was made about the compliance of the quality of the obtained samples with the reference chitosan, about the prospects for using chitosan in technological processes taking into account its structural features.

Keywords: chitosan, X-ray fluorescence analysis, microscopy, deacetylation degree, import substitution

For citation: Pavlova OV, Anufrik AA, Eisymont EI, Trusova MM. *Qualitative and physicochemical indicators of chitosan samples and their comparative characteristics with imported analogues. Modern Science and Innovations. 2024;(4):60-72. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2024.4.6>*

Funding: *experimental studies were carried out within the framework of a grant for individual projects of the Ministry of Education of the Republic of Belarus "Use of secondary products of biotechnological synthesis of citric acid to obtain chitosan and its oligomers" (agreement No. 01-23 dated 08/28/2023, state registration number 20231556).*

Введение. Проблема в области получения и применения технологических вспомогательных материалов в индустрии напитков и вин представляет собой многогранное и актуальное направление, требующее внимательного анализа и разработки эффективных решений. На современном этапе развития пищевой промышленности необходима гибкость в адаптации к стремительно меняющимся потребительским запросам и стандартам качества. Одной из ключевых задач является оптимизация процессов производства, что невозможно без использования высококачественных вспомогательных материалов. Сорбенты и вспомогательные материалы играют ключевую роль в производстве вин и напитков, обеспечивая удаление нежелательных веществ и улучшение органолептических характеристик продукции. К числу наиболее распространённых сорбентов относятся активированный уголь, цеолиты и полимерные адсорбенты, каждый из которых имеет свои уникальные свойства и области применения [1].

Активированный уголь, благодаря своей высокой пористости и благоприятной адсорбционной способности, эффективно удаляет фенолы и другие, устойчивые к разложению соединения. Это позволяет добиться чистоты и прозрачности вина, а также улучшить его вкус. Цеолиты, природные или синтетические, обладают ионно-обменными свойствами, что делает их идеальными для удаления нежелательных катионов и анионов из

растворов. Их использование не только позволяет улучшить качество продукта, но и способствует стабилизации его цветовых характеристик. Полимерные адсорбенты, в свою очередь, представляют собой более современные материалы, которые могут быть специально разработаны для определённых целей. Они способны эффективно удалять как органические, так и неорганические примеси, что делает их универсальным решением для виноделия и производства напитков [2].

Хитозан – это природный полимер, который производится из хитина, содержащегося в панцирях моллюсков и ракообразных, стенках грибных клеток и т.д. Химическая структура хитозана определяет его способность связываться с различными органическими и неорганическими веществами делает его идеальным адсорбентом для удаления загрязняющих веществ и осадков из вина и других напитков. Хитозан подавляет рост многих патогенных бактерий и грибков. Это свойство полезно для сохранения качества напитков и предотвращения порчи. Хитозан помогает улучшить стабильность напитков, предотвращая их помутнение и осаждение твердых частиц.

На рынке существует множество средств для осветления и стабилизации напитков, включая белковое желатиновое осветление, силикагель и диатомовые земли. Однако хитозан обладает несколькими преимуществами, такими как:

- **Натуральность:** Хитозан является натуральным продуктом, что делает его более привлекательным для потребителей, стремящихся к естественным ингредиентам.
- **Эффективность при низких концентрациях:** Хитозан оказывается эффективным даже в сравнительно низких концентрациях, что снижает его влияние на конечный продукт.
- **Технологичность:** Растворимость хитозана можно регулировать за счет изменения молекулярной массы полимера и степени деацетилирования, что делает его удобным для виноделов и производителей напитков.

С учётом всех этих факторов, хитозан станет востребованным вспомогательным материалом в промышленности, стремящейся к созданию высококачественной продукции.

Технологические вспомогательные материалы выполняют разнообразные функции — от стабилизации и консервирования до улучшения органолептических свойств продукции. Однако многие производители сталкиваются с вызовами, связанными с недостаточной доступностью инновационных разработок и высокими затратами на их внедрение. Это подчеркивает необходимость активного сотрудничества между производственными, научными и образовательными учреждениями для создания новых технологий, способствующих повышению эффективности и устойчивости производства напитков. Кроме того, важным аспектом является соблюдение экологических стандартов и использование таких материалов, которые минимизируют воздействие на окружающую среду. Таким образом, решение проблемы получения и применения технологических вспомогательных материалов должно основываться на принципах устойчивого развития и внедрения инноваций в промышленность. Импортозамещение вспомогательных средств в индустрии напитков – важная задача, которая позволит снизить зависимость от иностранных поставок и укрепит внутреннее производство [3]. Первостепенной задачей при осуществлении импортозамещения является оценка качества импортных средств и сравнение их с перспективными местными аналогами.

Цель исследования: изучить качественные и физико-химические показатели образцов хитозана и провести их сравнительная анализ с импортными аналогами.

Материалы и методы исследований. Проведено измерение массовой доли химических элементов в полученных образцах хитозана и импортных аналогах с использованием спектрометра энергий рентгеновского излучения СЕР-01. Метод рентгенофлуоресцентного анализа для определения массовой доли химических элементов основан на измерении интенсивности характеристического рентгеновского излучения атомов химических элементов при возбуждении их рентгеновским излучением с помощью миниатюрной рентгеновской трубки. Получаемый спектр состоит из набора аналитических линий в диапазоне от 1,0 до 34,5 кэВ. Регистрация интенсивностей осуществляется при помощи многоканального спектрометра с энергодисперсионным полупроводниковым детектором (Si-p-i-n диод) с термоэлектронным охлаждением. Специализированное программное обеспечение дает возможность построить наиболее вероятную модель спектра, обнаружить аналитические линии спектра в присутствии большого количества элементов в пробе (15-30 элементов), определить массовую долю элемента и точный вес объекта.

Концентрация химических элементов определяли путем анализа спектра плазмы, полученной вследствие воздействия на образец излучения импульсного АИГ:Nd³⁺ лазера с модуляцией добротности. Подготавливали поверхность образцов в соответствии с требованиями ГОСТ 7565-81. Перед работой определялись с кругом анализируемых элементов, от этого зависит спектральный интервал, на который необходимо выставить спектрограф, для этого использовали таблицы Зайделя. Программа таблицы Зайделя визуализирует спектр выбранных элементов, в выбранном спектральном интервале. Для большинства химических элементов наиболее подходящий диапазон – это ближняя ультрафиолетовая область, в случае отсутствия подходящих спектральных линий элемента или наложении спектральных линий других элементов, находящихся в образце, перестраивали спектрограф в другую область спектра, либо выбирали решетку, обеспечивающую большее спектральное разрешение. Наведение на анализируемый объект осуществляли при помощи излучения светодиода, начинающего работать сразу после включения лазера, вращая винт подвижки, выставляли фокус пятна излучения светодиода на анализируемый объект. Рассчитывали среднее значение массовой доли элемента $A_{изм}$ на основании 10-ти измерений по формуле 1:

$$A_{изм} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{изм,i}$$

где $A_{изм.}$ - результат измерения массовой доли элемента,
 n - количество наблюдений, равное 10.

Результаты исследований и их обсуждение. Критерии органолептических, физико-химических показателей хитозана, установлены в Техническом регламенте Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» [4]. В таблице 1 приведены органолептические показатели трех образцов биополимера хитозана: №1 – хитозан со степенью деацетилирования 96-98 %, полученный путем ферментативного гидролиза, № 2

– хитозан со степенью деацетилирования 64-67 %, полученный в условиях кислотно-щелочного гидролиза, № 3 – хитозан импортный, производство Китай.

Таблица 1 – Органолептические показатели образцов хитозана / Table 1 – Organoleptic parameters of chitosan samples

Наименование	Характеристика и значение показателя		
	Хитозан (СД 96-98 %)	Хитозан (СД 64-67 %)	Хитозан (Китай)
Вид	тонкоизмельченные частицы	мелковолокнистые частицы	тонкоизмельченные частицы
Цвет	бежевый	светло-коричневый	Белый с серым оттенком
Вкус и запах	Нейтральный вкус и запах	Нейтральный вкус и запах	Нейтральный вкус и запах

Установлено, что полученный образец со степенью деацетилирования 96-98 %, не уступает по органолептическим показателям импортным аналогам. Внешний вид образцов представлен на рисунке 1.



Внешний вид хитозан СД 96-98 %

Внешний вид хитозана СД 64-67 %

Внешний вид хитозана (Китай)

Рисунок 1 – Внешний вид образцов хитозана / Figure 1 – Appearance of chitosan samples

Измерение массовой доли химических элементов в полученных образцах хитозана и импортных аналогах проводилось с использованием спектрометра энергий рентгеновского излучения СЕР-01. Результаты представлены в таблицах 2 – 4.

Таблица 2 – Концентрация элементов в пробе хитозана (СД 96-98%) / Table 2 – Concentration of elements in a chitosan sample (SD 96-98%)

Элемент	Концентрация мкг/г	Ср.Стат.Погр.
Ca	2595,2590	158,24000
Cr	129,7848	12,87900
Fe	223,8876	10,96700
Ni	40,4276	5,89700
Cu	14,9251	3,10460
Zn	1,9977	0,83111
Se	0,6849	0,12129
Rb	0,3192	0,20419
Sr	5,3667	0,75897
Nb	4,6788	0,87388
In	0,2061	0,08338
Sn	2,1652	0,59546

Pb	5,4297	1,60500
Bi	14,2174	1,46210
K	54,8986	26,71700
Ti	1,6408	2,00950
Mn	13,9520	3,67100
Hg	1,3839	0,77097
Br	2,5563	0,66249
Zr	1,7275	0,43039
Mo	3,8772	0,91386
Sb	0,6422	0,23536
Y	0,7276	0,65814
Ga	0,6517	0,42661
Ge	0,1405	0,18846
U	1,0424	0,42956

Таблица 3 – Концентрация элементов в пробе хитозана (СД 64-67 %) / Table 3 – Concentration of elements in the chitosan sample (SD 64-67 %)

Элемент	Концентрация мкг/г	Ср,Стат,Погр,
Ca	9542,0050	124,21000
V	1,8719	0,36710
Mn	14,4427	1,53000
Fe	39,6568	1,88960
Cu	0,8754	0,30737
Zn	13,6381	0,88651
Se	0,0043	0,00388
Rb	0,7969	0,13121
Sr	43,3013	0,88301
Sn	0,2777	0,08734
Sb	0,1984	0,05346
Pb	0,2534	0,14118
Bi	0,0405	0,03250
K	113,3392	15,73400
Co	1,0280	0,27920
Hg	1,3837	0,31559
As	0,0847	0,05547
Br	2,3248	0,25885
Zr	4,6515	0,28941
Mo	0,0478	0,04136
Cd	0,3091	0,05784

Y	0,3512	0,18925
Nb	0,0951	0,05124
In	0,2441	0,03727
Ga	0,0538	0,05100
U	0,0000	0,00000

Таблица 4 – Концентрация элементов в пробе хитозана (Китай) / Table 4 – Concentration of elements in a sample of chitosan (China)

Элемент	Концентрация мкг/г	Ср,Стат,Погр,
Ca	806,8767	43,73000
Cr	14,7442	2,15070
Mn	6,3501	1,22710
Fe	108,2034	3,77860
Cu	5,4985	0,93238
Se	0,4533	0,04891
Sr	5,6562	0,38635
Mo	1,5330	0,28466
Sn	0,5318	0,14625
Sb	0,6940	0,12101
Pb	0,5667	0,25631
Bi	3,8021	0,37484
K	6,7417	4,63990
Co	0,2511	0,16844
Br	1,0243	0,20813
Zr	0,3098	0,09028
Ag	0,1844	0,09349
Cd	0,2146	0,05828
Hg	0,6798	0,26779
Y	0,2978	0,21060
Nb	0,8177	0,18135
In	0,1530	0,03574
Ge	0,2990	0,13841
Ga	0,3817	0,16192
U	2,5682	0,48631

Полученные результаты подкреплены изображениями эмиссионных спектров представленных на рисунках 2 – 4. Пики на изображениях соответствуют концентрациям основных элементов.

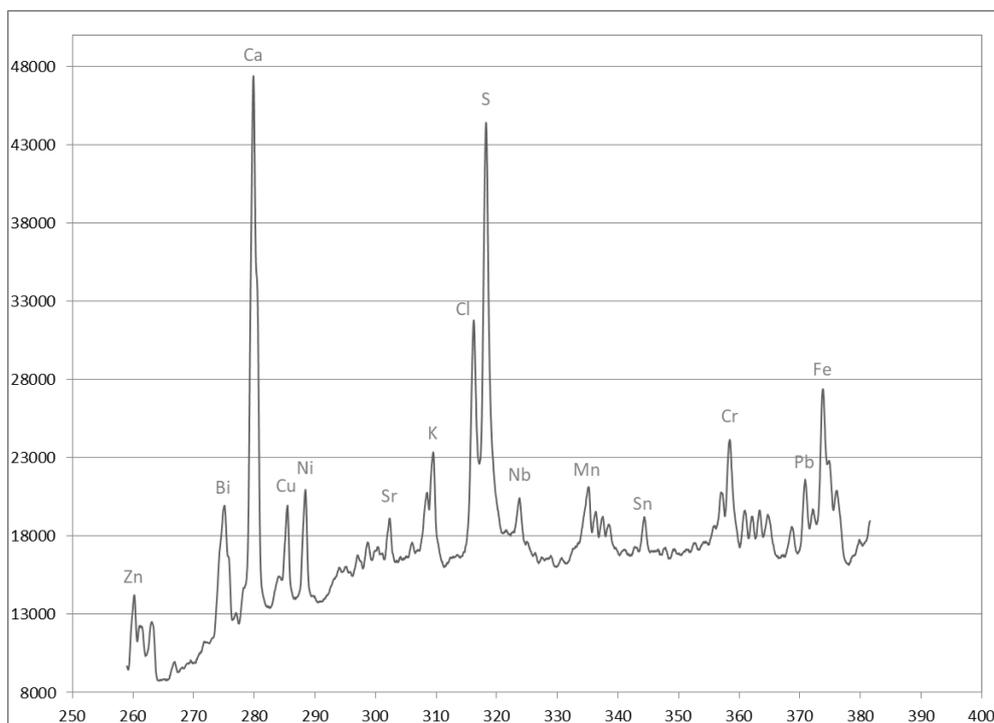


Рисунок 2 – Эмиссионный спектр хитозана со СД 96-98 % / Figure 2 – Emission spectrum of chitosan with SD 96-98 %

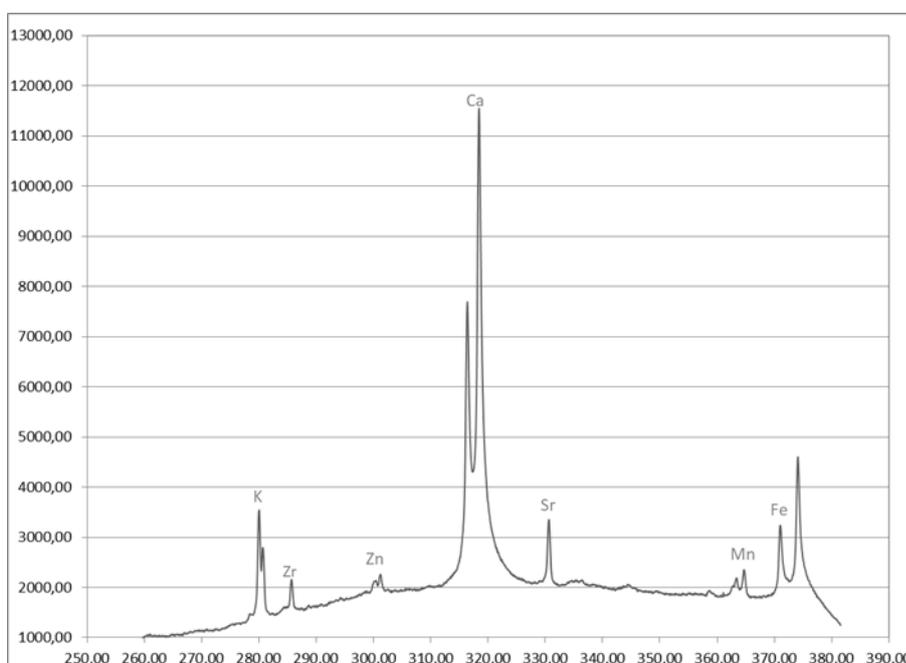


Рисунок 3 – Эмиссионный спектр хитозана со СД 64-67% / Figure 3 – Emission spectrum of chitosan with DM 64-67%



Рисунок 4 – Эмиссионный спектр хитозана (Китай) / Figure 4 – Chitosan emission spectrum (China)

Сравнительная характеристика полученных спектров с литературными данными [5-9] свидетельствует о соответствии качества полученного образца эталонному хитозану, полученные результаты в значительной степени сопоставимы с многочисленными исследованиями свойств хитозана, полученного из других сырьевых источников [5-14].

Установлено, что основными элементами во всех образцах являются Ca, S, Cl и Fe, концентрация по основным элементам в образце хитозана со степенью деацетилирования 98 % схожа с образцом хитозана произведенном в Китае.

Произведены исследования образцов хитозана с применением оптической микроскопии (Микроскоп ММР-1600Т (ЗАО «Спектроскопические системы», г. Минск, Беларусь)). При исследовании порошков 5 - 10 мг суспендировали в 10 мл иммерсионной жидкости, добавляли смачивающий агент. 1-2 капли полученной гомогенной суспензии, содержащей не менее 10 мкг вещества, помещали на предметное стекло в счетное поле микроскопа. Результаты представлены на рисунках 5 – 9.



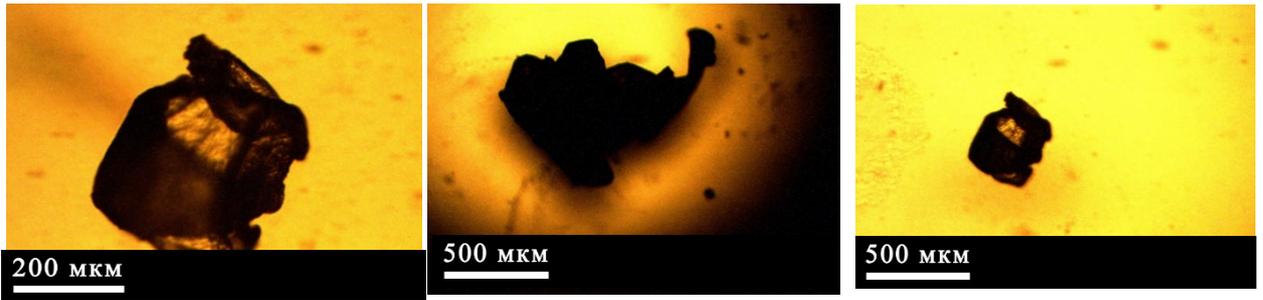


Рисунок 5 – Образец хитозана со СД 96-98 % / Figure 5 – Chitosan sample with DM 96-98 % /

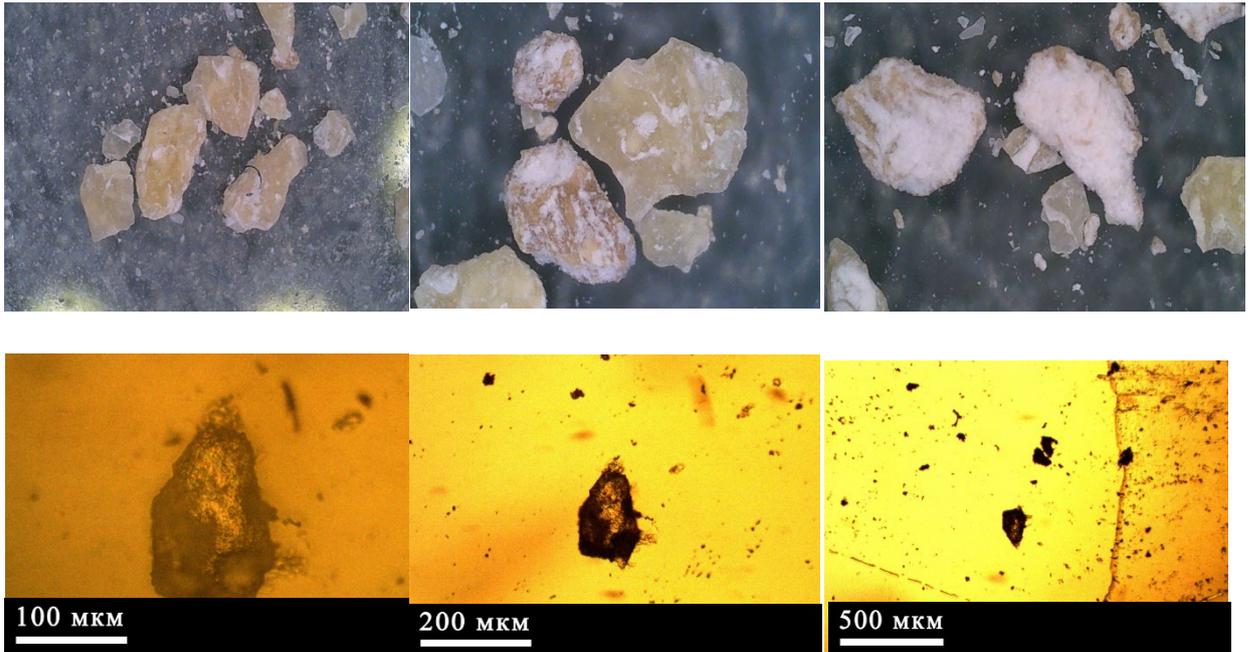


Рисунок 6 – Образец хитозана со СД 64-67 % / Figure 6 – Chitosan sample with DM 64-67 %



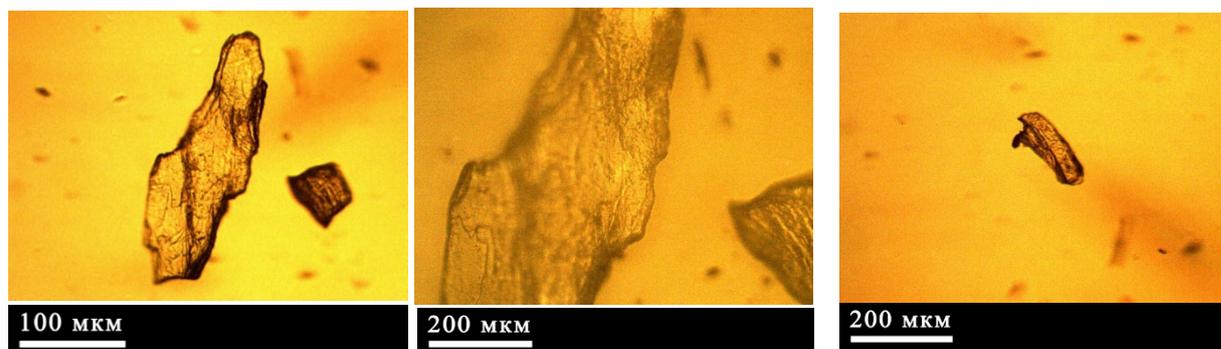


Рисунок 7 – Образец хитозана (Китай) / Figure 7 – Chitosan sample (China)

Заключение. Анализ приведенных на рисунках изображений, показывает, что частицы хитозана на поверхности образуют равномерное покрытие, состоящее из мелких и более крупных агрегатов, подтверждается наличие на поверхности хитозана капиллярно-пористых систем, которые также учувствуют в процессе адсорбции, помимо химических связей, обуславливающих химическую адсорбционную активность, следовательно, для хитозана также характерен процесс физической адсорбции [15].

Установлено, что образец хитозана со СД 96-98 %, имеет структуру схожую со структурой хитозана произведенного в Китае – образования в виде пленок и чешуек, такая структура позволяет сорбентам быстро набухать и растворяться в слабых растворах органических кислот и воде. Хитозан со СД 64-67 % имеет аморфно-кристаллическую структуру, что затрудняет его растворение и замедляет процесс набухания, и как следствие дает возможность его использования в качестве технологического вспомогательного сорбционного материала, который легко извлекается из растворов технологических сред и отсутствует в конечном продукте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеева Н. М., Даниелян А. Ю. Влияние совместной обработки ассамбляжей танинами и белковыми сорбентами на пенистые свойства виноматериалов // *Виноделие и виноградарство*. 2015. № 6. С. 10–13.
2. Обожин А. Н., Агеева Н. М., Марковский М. Г. Применение комплексных минеральных сорбентов для обработки вин // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2003. № 4. С. 114–115.
3. Гугучкина Т. И. Особенности импортозамещения в виноделии // *Научные труды Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства*. 2016. Т. 11. С. 170–175.
4. Технический регламент Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», 2012. 275 с.
5. Aydın Y. A. Adsorption of chromium on chitosan: Optimization, kinetics and thermodynamics // *Chemical Engineering J.* 2009. No. 1. P. 188–194.
6. Cheung W. H., Szeto Y. S., McKay G. Intraparticle diffusion processes during acid dye adsorption onto chitosan // *J. Bioresource technology*. 2007. No. 15. P. 2897–2904.
7. Dotto G. L., Pinto L. A. Adsorption of food dyes onto chitosan: Optimization process and kinetic // *J. Carbohydrate Polymers*. 2011. No. 1. P. 231–238.
8. Wong Y. C., Szeto Y. S., Cheung W., McKay G. Equilibrium studies for acid dye adsorption onto chitosan // *J. Langmuir*. 2003. No. 19. P. 7888–7894.
9. Sakkayawong N., Thiravetyan P., Nakbanpote W. Adsorption mechanism of synthetic reactive dye wastewater by chitosan // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2005. No. 1. P. 36–42.
10. Salzano de Luna M., Altobelli R., Gioielli L., Castaldo R., Scherillo G., Filippone G. Role of polymer network and gelation kinetics on the mechanical properties and adsorption capacity of chitosan

- hydrogels for dye removal // *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. 2017. No. 24. P. 1843–1849.
11. Павлова О. В., Трусевич Б. В. Оптимизация условий адсорбции модифицированного диатомита // *Актуальные проблемы экологии: сборник научных статей*. Гродно: ГрГУ им. Янки Купалы, 2022. С. 145–147.
 12. Ильясова Р. Р. Влияние степени дисперсности частиц диатомита на его адсорбционные свойства по отношению к ионам меди(II) и серебра(I) // *Химическая безопасность*. 2023. № 1. С. 116–127.
 13. Ke-Jin H. Screening of fungi for chitosan producers, and copper adsorption capacity of fungal chitosan and chitosanaceous materials // *Carbohydrate Polymers*. 2004. No. 1. P. 45–52.
 14. Saywell L. G. Clarification of wine // *Industrial & Engineering Chemistry*. 1934. No. 9. P. 981–982.
 15. Pavlova O., Trusova M. Optimisation of conditions for deacetylation of chitin-containing raw materials // *Food science and technology*. 2021. No. 3. P. 63–70.

REFERENCES

1. Ageeva NM, Danielyan AYu. The influence of joint treatment of assemblages with tannins and protein sorbents on the foamy properties of wine materials. *Viticulture and Winemaking*. 2015;(6):10-13.
2. Obozhin AN, Ageeva NM, Markovskij MG. Application of complex mineral sorbents for wine processing. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2003;(4):114-115.
3. Guguchkina TI. Features of import substitution in winemaking. *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo zonal'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva i vinogradarstva = Scientific works of the North Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture*. 2016;11:170-175.
4. Technical Regulation of the Customs Union 029/2012 “Safety requirements for food additives, flavorings and technological aids”, 2012. 275 p.
5. Aydın YA. Adsorption of chromium on chitosan: Optimization, kinetics and thermodynamics. *Chemical Engineering J*. 2009;(1):188-194.
6. Cheung WH, Szeto YS, McKay G. Intraparticle diffusion processes during acid dye adsorption onto chitosan. *J. Bioresource technology*. 2007;(15):2897-2904.
7. Dotto GL, Pinto LA. Adsorption of food dyes onto chitosan: Optimization process and kinetic. *J. Carbohydrate Polymers*. 2011;(1):231-238.
8. Wong YC, Szeto YS, Cheung W, McKay G. Equilibrium studies for acid dye adsorption onto chitosan. *J. Langmuir*. 2003;(19):7888-7894.
9. Sakkayawong N, Thiravetyan P, Nakbanpote W. Adsorption mechanism of synthetic reactive dye wastewater by chitosan. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2005;(1):36-42.
10. Salzano de Luna M, Altobelli R, Gioiella L, Castaldo R, Scherillo G, Filippone G. Role of polymer network and gelation kinetics on the mechanical properties and adsorption capacity of chitosan hydrogels for dye removal. *J. of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. 2017;(24):1843-1849.
11. Pavlova OV, Trusevich BV. Optimization of adsorption conditions for modified diatomite. *Current problems of ecology: collection of scientific articles*. Grodno: Grodno State University named after Yanka Kupala; 2022. P. 145-147.
12. Il'yasova RR. Influence of the degree of dispersion of diatomite particles on its adsorption properties in relation to copper(II) and silver(I) ions. *Khimicheskaya bezopasnost' = Chemical safety*. 2023;(1):116-127.
13. Ke-Jin H. Screening of fungi for chitosan producers, and copper adsorption capacity of fungal chitosan and chitosanaceous materials. *Carbohydrate Polymers*. 2004;(1):45-52.
14. Saywell LG. Clarification of wine. *Industrial & Engineering Chemistry*. 1934;(9):981-982.
15. Pavlova O, Trusova M. Optimisation of conditions for deacetylation of chitin-containing raw materials. *Food science and technology*. 2021;(3):63-70.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Оксана Валерьевна Павлова – заведующий кафедрой технологии, физиологии и гигиены питания, кандидат технических наук, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, pavlova@grsu.by

Славамир Степанович Ануфрик – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики и теплотехники, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, anufrick@grsu.by

Евгения Ивановна Эйсмонт – кандидат технических наук, доцент кафедры логистики и методов управления, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, eisymont@grsu.by

Мария Михайловна Трусова – старший преподаватель кафедры технологии, физиологии и гигиены питания, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, brui.92@mail.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 16.10.2024;
одобрена после рецензирования: 25.11.2024;
принята к публикации: 15.12.2024.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oksana V. Pavlova – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of Technology, Physiology and Food Hygiene, Yanka Kupala State University of Grodno, pavlova@grsu.by

Slavamir S. Anufrik – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor of the Department of Theoretical Physics and Heat Engineering, Yanka Kupala State University of Grodno, anufrick@grsu.by

Evgenia I. Eisymont – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Logistics and Management Methods, Yanka Kupala State University of Grodno, eisymont@grsu.by

Maria M. Trusova – Senior Lecturer of the Department of Technology, Physiology and Nutrition Hygiene, Yanka Kupala State University of Grodno, brui.92@mail.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 16.10.2024;
approved after reviewing: 25.11.2024;
accepted for publication: 15.12.2024.