

## ПОЛУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ УПАКОВКИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

**Б.Б. Тихонов, Д.Р. Лисичкин, В.Г. Матвеева, М.Г. Сульман, А.И. Сидоров**

*Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия,*

Хитозансодержащие материалы широко используются в качестве защитных упаковочных изделий пищевого назначения. На основе хитозана могут быть получены биосовместимые, нетоксичные, биodeградируемые пленочные материалы. Однако существует проблема получения влагостойких, водонерастворимых, достаточно прочных пленочных материалов на основе хитозана, обладающих при этом расширенной и повышенной антимикробной активностью и обеспечивающих пролонгированную защиту разнообразных пищевых продуктов от микробной загрязненности бактериями и грибами [1].

Одним из путей снижения набухаемости и растворимости, а также повышения прочности солевых хитозановых пленок является их термообработка в воздушной среде при температурах 90–120 °С. При термомодификации пленок с хитозаном в солевой форме повышается их водостойкость и прочность. Однако путем термообработки достичь полной водонерастворимости солевых хитозановых пленок не удается [2]. Вторым путем снижения набухаемости и растворимости, а также повышения прочности солевых хитозановых пленок является их химическая модификация, которая сводится к переводу хитозана в пленках из формы полисоли в форму полиоснования. В результате такой химической модификации удается получить влагостойкие, полностью водонерастворимые и достаточно прочные пленки на основе хитозана, однако их антимикробная активность практически полностью исчезает [3].

Для получения образцов пленочного материала различной толщины хитозан (молекулярная масса около 400 КДа) растворяли в водном растворе уксусной кислоты или соляной кислоты фиксированной концентрации, интенсивно перемешивали смесь при температуре 20±2 °С в течение 1 часа, формовали из смеси на чашке Петри образец пленочного материала, испаряли растворитель до образования пленочной структуры, после чего заливали образец пленочного материала 1М раствором NaOH, промывали дистиллированной водой до нейтрального pH, закрепляли на противоусадочном кольце и сушили при температуре 20±2 °С в течение 24 часов до воздушно-сухого состояния. Высушенные пленки использовались для дальнейших исследований структурных, физико-механических, гидрофильно-гидрофобных свойств: толщину, влагопоглощение, водопоглощение, разрушающее напряжение и относительное удлинение при разрыве.

Толщину образцов пленочного материала измеряли микрометром с точностью 5 мкм и с помощью встроенной функции ИК Фурье спектрометра IR Prestige-21 (Shimadzu, Япония).



Рисунок 1 – Синтезированный образец нерастворимой в воде хитозановой пленки

Степень поглощения образцами пленочного материала водяных паров (влагопоглощение) и воды (водопоглощение) определяли весовым методом по разности масс пленочного образца после и до его набухания в парах воды или в дистиллированной воде, соответственно. Взвешивание образцов проводили на электронных весах с точностью 10<sup>-4</sup> г.

Упругопластические свойства образцов пленочного материала (разрушающее напряжение и относительное удлинение при разрыве) определяли на универсальной электромеханической испытательной машине согласно ГОСТ 14236–81. Для испытаний применяли образцы в форме прямоугольника шириной от 10 до 25 мм с длиной не менее 15 мм.

Структурные исследования выполняли методом ИК Фурье-спектроскопии на аппарате IR Prestige-21 (Shimadzu, Япония). Перед снятием спектров образцы выдерживались в эксикаторе с влажностью 66 % (над нитратом натрия) при комнатной температуре. Интерпретацию ИК-спектров поглощения и отражения проводили с использованием литературных данных по отнесению частот функциональных групп в спектрах соединений – аналогов.

Фотография, полученной нерастворимой в воде хитозановой пленки представлен на рисунке 1.

Из результатов экспериментов выявлено, что наиболее прочные и стабильные хитозановые пленки получаются при использовании 1 %-ного раствора хитозана в 0,2 Н уксусной кислоте при удельном объеме раствора 0,2 мл на 1 см<sup>2</sup> поверхности подложки. Характеристики оптимального образца пленки сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики оптимального образца упаковочной пленки

Удельный объем раствора, мл на см <sup>2</sup> поверхности подложки	Общая характеристика образца	Толщина пленки, мкм	Влажность, %	Разрушающее напряжение при разрыве, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Влагопоглощение, %	Водопоглощение, %
0,2	Пленка равномерная, прозрачная, прочная, легко отделяется от чашки Петри	101±5	12,0	120,1	3,6	41,6	116,0

Инфракрасные спектры оптимальных хитозановых пленок, полученных из растворов в соляной кислоте и уксусной кислоте, приведены на рисунке 2.

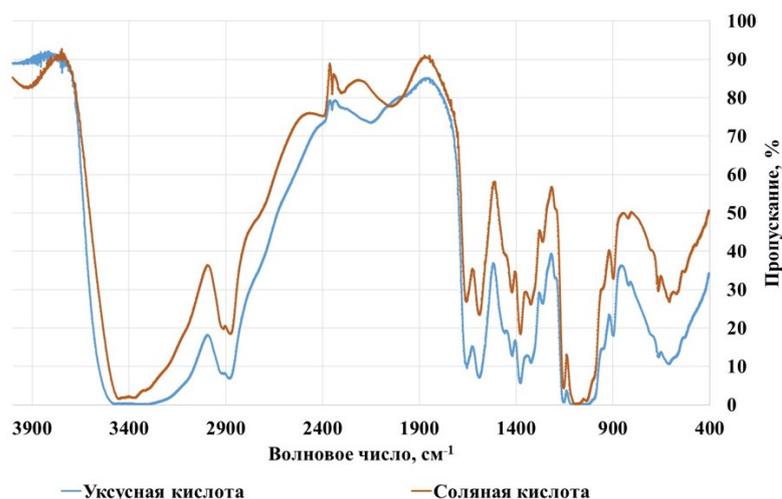


Рисунок 2 – Инфракрасные спектры образцов хитозановых пленок

Как видно из спектров на рисунке 2, оба спектра имеют схожие пики, отличающиеся только по интенсивности, что абсолютно логично, так как фактически хитозановые пленки представляют собой повторно переосажденный за счет сдвига значения pH в щелочную сторону хитозан, которому придана форма тонкодисперсной пленки толщиной 100–200 мкм.

Таким образом, на основе хитозана были получены прочные биodeградируемые пленки, отвечающие всем требованиям, предъявляемым к пищевым пленкам, которые могут быть использованы для защиты от повреждения и порчи целого ряда скоропортящихся пищевых продуктов, в том числе – мясных, рыбных и молочных.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, проект № 075-15-2022-1232.*

### Литература

1. Шиповская А.Б. и др. Влияние наночастиц серебра на сорбционные и бактерицидные свойства пленок хитозана // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана. Материалы девятой Международной конференции. – Ставрополь. – 2008. – С. 118–120.
2. Вихорева Г.А. и др. Свойства хитозановых пленок, модифицированных термообработкой // Новые достижения в исследовании хитина и хитозана. Материалы шестой Международной конференции. – Шелково. – 2001. – С. 14–16.
3. Руденко Д.А. Физико-химические основы модификации пленок хитозана: Дисс. канд. хим. наук – Саратов. – 2013. – 159 с.