

УДК 532.135; 541.64

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА (БИО)ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПЕКТИН/ЖЕЛАТИН НА ПРОЦЕСС САМОСБОРКИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УПРУГИХ ГИДРОГЕЛЕВЫХ СТРУКТУР

Кашурин А.И. (Университет ИТМО), Литвинов М.Ю. (Университет ИТМО),

Гапеев М.Ю. (Университет ИТМО), Подшивалов А.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.х.н., Подшивалов А.В.

(Университет ИТМО)

Введение. На сегодняшний день увеличивается производство упаковочных материалов на основе углеводородсодержащего сырья (пропилена, этилена и других органических соединений), однако негативное влияние данных полимеров на окружающую среду и организм человека достаточно давно и хорошо изучено и требует внедрения экологически чистого аналога, не уступающего в эксплуатационных характеристиках [1]. В качестве исходных компонентов, используемых для создания альтернативных упаковочных средств, отдается предпочтение хорошо зарекомендовавшим себя в пищевой промышленности полимерам природного происхождения: белки, полисахариды, а также их смеси. Одним из актуальных и наиболее оправданных подходов к созданию материалов на основе природных полимеров является формирование (био)полиэлектродитных комплексов ((био)ПЭК), получение которых основано на механизме сложной коацервации. Несмотря на значительный потенциал применения таких систем, их внедрение на продовольственный рынок затруднено главным образом из-за недостатка научных данных о границах формирования и устойчивости структур (био)ПЭК и физико-механических свойствах при моделировании различных эксплуатационных условий.

Основная часть. В работе были использованы желатин тип Б производства АО «ЛенРеактив» (Россия), с молекулярной массой $40 \pm 3,1$ кДа, изоэлектрической точкой $pI = 4-5$ и пектин производства Sigma-Aldrich (США) CAS: 9000-69-5, с молекулярной массой $30,2 \pm 3,5$, содержанием галактуроновой кислот 74 % и показателем константы диссоциации $pK_a = 3,5$. Приготовление структур (био)ПЭК пектин:желатин (П:Ж) производилось при значениях $pH = 3,7; 5,0; 5,7$ для соотношений: 1:1, 1:3, 1:5, соответственно. Выбор значений pH для формирования комплекса заданных соотношений основывался на турбидиметрическом титровании смесей П:Ж с общей концентрацией полимера 0,125 масс.% при длине волны $\lambda = 364$, которое показало соответствующие минимумы пропускания, что связывают с образованием максимального количества первичных структур (био)ПЭК. Также были оценены вязкоупругие свойства и структура гелей с общей концентрацией полимера 4 масс. % с помощью вращательного реометра Physica MCR 502 фирмы Anton Paar (Австрия), оснащенного измерительной системой PP50 (ISO 3219) с диаметром пластины 49,95 мм. Экспериментальные данные модуля накопления (G'), модуля потерь (G''), коэффициента потерь ($\tan\delta$) регистрировали при постоянном значении угловой частоты $\omega = 10$ Гц в широком диапазоне деформации сдвига $\gamma = 0,001 \div 200\%$. Во время испытаний гидрогели термостатировались с помощью модуля C-PTD200, оснащенного элементами Пельтье, при температуре $25,0 \pm 0,2^\circ C$. Динамический механический анализ показал классический характер изменения модуля накоплений и модуля потерь при увеличении деформации сдвига для гелеподобных структур. Для всех исследуемых составов можно выделить две характерные области: область линейной вязкоупругости (ЛВУ-диапазон) с обратимыми деформациями, где наблюдается неизменность накопительных и диссипативных свойств системы, а также область с отклоняющимся от линейной зависимости поведением, которая характеризует необратимые деформации материала ввиду появления макроразрушений в первоначальной гидрогелевой структуре. В соответствии с полученными данными наблюдается монотонная зависимость для значения равновесного модуля накоплений в ЛВУ-диапазоне от состава геля. По мере увеличения доли желатина в гидрогелях (био)ПЭК в диапазоне соотношений 1:1–1:5

наблюдается увеличение упругих свойств системы, что связано с увеличением степени электростатического взаимодействия между полимерами, приводящим к образованию дополнительных ионных сшивок в объеме материала.

Выводы. В ходе экспериментов было установлено, для системы (био)ПЭК состава пектин/желатин характерно увеличение упругих свойств по мере увеличения содержания желатина в структуре гидрогеля, что соответствует результатам, которые были получены ранее для системы хитозан/желатин [2]. Данная закономерность может быть связана с формированием более густосшитого материала в результате увеличения степени электростатического взаимодействия между полимерами при выбранных рецептурных и технологических условиях.

Список использованных источников:

1. Thompson R.C. et al. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. The Royal Society, 2009. Vol. 364, № 1526. P. 2153–2166.
2. Aleksandr K., Mikhail L., Aleksandr P. Self-Assembled Hydrogel Based on (Bio)polyelectrolyte Complex of Chitosan–Gelatin: Effect of Composition on Physicochemical Properties // *Gels* 2024, Vol. 10, Page 786. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2024. Vol. 10, № 12. P. 786.