



**Рисунок 3 – Сорбция паров воды образцами ХТЗ (рисунок а) и ХТ (рисунок б) фракции 1(1), 2 (2), 3 (3) и ХТЗ-2 (4).**

Таким образом, наибольшей степенью и скоростью сорбции характеризуются композиты полилактида, наполненные мелкодисперсным образцом хитозана, наименьшими – наполненные крупнодисперсной фракцией хитина, что коррелирует со степенью и скоростью сорбции самих наполнителей. Наличие наполнителя в полилактидной матрицы увеличивает ее способность к водопоглощению в 4-5 раз.

УДК 541.6

А.С. Шуршина, М.А. Афанасьева, Е.И. Кулиш  
Уфимский университет науки и технологий (г. Уфа, Россия)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ ПЕКТИН-ВОДА-ГЛИЦЕРИН**

Создание современных материалов для медицины и фармации, например, лекарственных форм пролонгированного действия на сегодняшний день невозможно представить себе без использования полимеров. Среди них – пектин, полимер природного происхождения, являющийся структурным компонентом клеточных стенок растений. Он обладает хорошими гелеобразующими свойствами, отличается биodeградируемостью и биосовместимостью с живыми организмами. Отсутствие токсичности, биологическая активность, способность к образованию комплексных соединений и другие его свойства, делают пектин крайне перспективным полимером для создания материалов биомедицинского назначения. При этом актуальной является проблема разработки методов управления структурой полимера в растворе как

способа регулирования комплекса формируемых материалами свойств.

Самым распространенным способом изменения уровня структурообразования в растворах является регулирование природы растворителя, за счет использования модифицирующих добавок или со-растворителей. Целью данной работы стало изучение влияния модифицирующей добавки (со-растворителя) глицерина на свойства водных растворов пектина.

Объектом исследования служил пектин (ПК) цитрусового происхождения производства SIGMA-ALDRICH с содержанием галактуроновой кислоты 74.0 % и значением характеристической вязкости, определенной при 25°C,  $\eta = 5.0$  дл/г. В качестве растворителя использовалась бидистиллированная вода. В качестве модифицирующей добавки (со-растворителя) использовали глицерин. Объемное соотношение в смешанном растворителе вода : глицерин составляло 90 : 10; 80 : 20 и 70 : 30.

Реологические измерения водных растворов ПК проводили на модульном динамическом реометре Haake Mars III при температуре  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  в осцилляционном режиме при частоте осцилляции от 0.01 до  $10 \text{ c}^{-1}$  с определением значений комплексной вязкости  $\eta^*$ , модуля накоплений  $G'$  и модуля потерь  $G''$ .

Известно, что система полимер – смешанный растворитель характеризуется более ранним формированием сетки зацеплений по сравнению с раствором полимера в индивидуальном растворителе. Как следствие, протекающие процессы агрегации макроцепей способствуют формированию системы с вязкоупругими свойствами. Судить об этом можно по данным реологических измерений, проведенных в режиме осцилляции.

В ходе работы установлено, что вязкость растворов ПК небольшой концентрации (до 5 г/дл) в определенном диапазоне частот не зависит от частоты осцилляции, т.е. раствор представляет собой ньютоновскую жидкость. Повышение содержания ПК в растворе приводит к типичному для псевдопластичных жидкостей уменьшению вязкости с увеличением частоты осцилляции.

Добавление со-растворителя приводит к двум эффектам: во-первых, к увеличению вязкости ПК и, во-вторых, к более раннему формированию сетки зацеплений, вследствие которой уменьшается значение концентрации, при которых раствор ПК перестает вести себя как ньютоновская жидкость. Например, раствор ПК с концентрацией 5 г/дл, который при использовании в качестве растворителя воды вел себя как ньютоновская жидкость, в смешанном растворителе

вода: глицерин ведет себя как псевдопластичная жидкость. При этом прирост вязкости обусловлен не только ростом вязкости растворителя, вследствие добавления более вязкого, чем вода, глицерина, но и процессами структурирования полимера в присутствии модифицирующей добавки.

Определение значений модуля накоплений  $G'$  и модуля потерь  $G''$  для растворов ПК показало, что для концентраций ПК ниже 10 г/дл модуль потерь в исследуемом диапазоне частот осцилляции имеет большие значения, чем модуль накоплений ( $G' < G''$ ). Этот факт свидетельствует о том, что растворы ПК ведут себя как вязкоупругие жидкости.

По мере концентрирования раствора полимера частотная зависимость модуля накоплений и потерь изменяется. При концентрации ПК в растворе порядка 11 г/дл, модуль накоплений в изученном диапазоне частот пересекается со значением модуля потерь. Для растворов ПК с концентрацией 20 г/дл и выше значения модуля накоплений имеют большие значения, чем значения модуля потерь ( $G' > G''$ ) во всем исследуемом интервале частот, что свидетельствует о формировании упруго-вязкого тела и формировании полимерного геля.

Определение частотной зависимости модуля накоплений и потерь в смешанном растворителе вода-глицерин позволяет отметить следующее. Во-первых, для сопоставимых концентраций ПК в растворе и  $G'$ , и  $G''$  имеют большие значения, чем при использовании в качестве растворителя воды. Во-вторых, пересечение модуля накоплений и потерь происходит при меньших значениях концентрации ПК. В-третьих, переход в гелеобразное состояние в присутствии со-растворителя глицерина происходит при значительно меньших концентрациях ПК, нежели в его отсутствии. Фактически, уже раствор ПК с концентрацией 9 г/дл в изученном диапазоне осцилляций представляет собой упруго-вязкое нетекучее тело.

Таким образом, изучение растворов ПК в режиме осцилляции в присутствии со-растворителя глицерина позволяет говорить о том, что данная модифицирующая добавка может с успехом использоваться, например, при создании мягких лекарственных форм, поскольку введение глицерина позволяет существенно увеличить вязкость раствора и придать раствору свойства упруго-вязкого геля.