

А. У. БЕКТЕМИСОВА, Н. С. САЛИКОВА, А. С. ЖОЛБОЛСЫНОВА, З. Г. АККУЛОВА

О РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ СМЕШАННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛАТИНЫ И ГУМАТА НАТРИЯ

Актуальность изучения особенностей структурообразования биополимеров определяется чрезвычайно широким распространением этих процессов в природе и различных отраслях производства. Особый интерес представляют смешанные студни таких полимеров. Продукты этих процессов обладают уникальными свойствами, отличающимися от свойств исходных компонентов. Закономерности таких систем представляют интерес с точки зрения моделирования на сравнительно простых биополимерных объектах процессов, протекающих в сложных биологических системах и возникающих в них молекулярных и надмолекулярных образований. Полимерные комплексы, полученные при простом смешении растворов взаимодействующих компонентов в общем растворителе, дают новые возможности применения их в разных областях техники для получения полимерных покрытий, пленок, связующих мембран для ультрафильтрации.

Одним из наиболее распространенных природных гелеобразователей является желатина, специфичность свойств которой обуславливает широкий спектр ее применения, в том числе в растениеводстве и птицеводстве в качестве стимуляторов роста. Высокомолекулярная структура гумата натрия и значительное содержание в его составе различных кислородсодержащих групп, его биологическая роль для структуры почв также определяет применение его в качестве стимулятора роста растений.

В этой связи считали целесообразным исследовать реологические свойства смешанных водных систем желатины и гумата натрия.

Несмотря на имеющиеся в литературе данные по объектам исследования и широкое применение желатины в различных отраслях промышленности, вопросы влияния состава смеси на структурирование и реологические характеристики смешанных систем с гуматом натрия ранее не подвергались детальному изучению. Кроме того, решение вопросов расширения области применения модифицированной желатины, создания более экономичных композиций на ее основе за счет модификации

гуматом натрия является, несомненно, также актуальным.

Настоящая работа посвящена изучению кинетики студнеобразования, вязкости разбавленных систем и других реологических характеристик возникающих структур в смешанных системах желатины и гумата натрия.

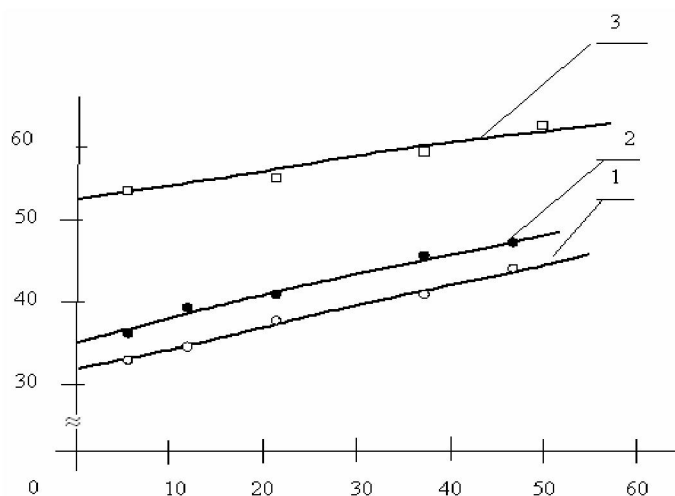
В работе использовали пищевой желатин, очищенный и приведенный к изoeлектрическому состоянию. Влажность препарата – 15%, зольность – 12 %, молекулярная масса 70 000. Гумат натрия был получен извлечением раствором гидроксида натрия из окисленного угля Шубаркольского месторождения. Содержание суммы фенольных и карбоксильных составляло 4,5–5,5 мг-экв/г, карбоксильных групп – 3,0–3,5 мг-экв/г, зольность 13–15 %, влажность – 10–12%.

Установлено, что в большинстве случаев системы полимер-полимер несовместимы в широком диапазоне изменения компонентов композиции. Критерием совместимости была выбрана форма кривых вязкость – состав. Изучение условий образования смешанных систем желатины с гуматом натрия, согласно общепринятой методике, позволило сделать вывод, что между этими величинами наблюдается линейная зависимость, означающая, что желатина и гумат натрия образуют однородные структурирующиеся системы в любых объемных соотношениях.

На основании предварительных опытов были найдены начальная концентрация смешиваемых растворов, приводящая к образованию студней с практически измеримой прочностью, равная 5 % и временной интервал нарастания прочности, равный 4 сут.

Влияние содержания гумата натрия в смеси, концентрации смеси и рН на время структурирования определяли при ранее выбранных соотношениях желатины и гумата натрия (рис., табл. 1, 2).

Определение времени структурирования показало, что процесс структурообразования идет тем быстрее, чем выше концентрация смеси. Наименьшее время структурирования наблюдалось при содержании гумата натрия в смеси, равном 50% (увеличение содержания гумата натрия



Зависимость времени структурирования 5 % смешанных водных растворов желатины и гумата натрия от состава, $t = 20^{\circ}\text{C}$. Ось абсцисс – содержание гумата натрия в смеси, % об. Ось ординат – время структурирования, τ , мин. Обозначение кривых, pH: 1 – 5; 2 – 9; 3 – 3

Таблица 1. Зависимость времени структурирования 7% смешанных систем желатины и гумата натрия от состава и pH, $t = 20^{\circ}\text{C}$

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Время структурирования, ф, мин при pH:		
	3	5	9
100:0	38	25	30
85:15	41	28	33
75:25	43	30	35
50:50	48	35	40

Таблица 2. Зависимость времени структурирования 10% смешанных систем желатины и гумата натрия от состава и pH, $t = 20^{\circ}\text{C}$

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Время структурирования, ф, мин при pH:		
	3	5	9
100:0	25	15	18
85:15	28	18	21
75:25	30	20	22
50:50	35	25	28

в смеси приводит к росту времени структурирования). Это объясняется тем, что гулат натрия изменяет свойства водных растворов желатины путем модифицирования свойств растворителя, а также необходимостью дополнительного времени на разрыв связи желатина – растворитель и возникновения новых связей желатина – гулат натрия – растворитель. Безусловное значение имеет pH среды: наименьшее время структурирования системы наблюдалось в изоэлектрическом состоянии желатины.

Определение времени структурирования позволило установить период накопления прочности и формирования пространственной структуры, равный 4 сут.

Прочностные характеристики смешанных систем изучали измерением температуры плавления (табл. 3–5) и предельного напряжения сдвига (табл. 6–8) в зависимости от состава, концентрации и pH среды по истечении периода формирования смешанных студней.

Таблица 3. Зависимость температуры плавления 5 % смешанных студней желатины и гумата натрия от состава и pH, $t = 20^{\circ}\text{C}$

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Температура плавления, t , $^{\circ}\text{C}$ при pH:		
	3	5	9
100:0	30,0	34,5	32,5
85:15	28,2	32,7	31,1
75:25	27,0	31,6	30,0
50:50	24,1	28,8	27,5

Таблица 4. Зависимость температуры плавления 7 % смешанных студней желатины и гумата натрия от состава и pH, $t = 20^{\circ}\text{C}$

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Температура плавления, t , $^{\circ}\text{C}$ при pH:		
	3	5	9
100:0	31,5	35,6	33,6
85:15	29,5	33,8	32,0
75:25	28,3	32,7	31,2
50:50	25,2	29,5	28,7

Таблица 5. Зависимость температуры плавления 10 % смешанных студней желатины и гумата натрия от состава и рН, $t = 20^{\circ}\text{C}$

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Температура плавления, $t, ^{\circ}\text{C}$, при рН:		
	3	5	9
100:0	34,3	37,3	35,3
85:15	32,1	35,6	33,7
75:25	30,7	34,4	32,9
50:50	26,7	31,6	30,4

Результаты показывают, что увеличение содержания гумата натрия в смеси от 5 до 50 % приводит к понижению температуры плавления в среднем на 12–20 %. Прочность систем за счет увеличения содержания гумата натрия уменьшается.

Наибольшую температуру плавления имеют студни при рН среды, соответствующей изоэлектрическому состоянию желатины. При смещении

рН в кислую или щелочную области прочность структуры уменьшается, о чем свидетельствует уменьшение температуры плавления.

Параллельно измерениям температуры плавления в тех же студнях определялся их предел прочности. Зависимость предельного напряжения сдвига от рН и соотношения компонентов показана в табл. 6–8.

Таблица 6. Зависимость максимальной прочности смешанных 5 % студней желатины и гумата натрия от состава и рН, $t = 20^{\circ}\text{C}$

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Предельное напряжение сдвига, $P_m, \text{кг/м}^2$, при рН:		
	3	5	9
100:0	150,2	250,0	236,1
85:15	141,2	236,5	224,9
75:25	135,0	225,2	217,1
50:50	120,3	208,8	199,7

Таблица 7. Зависимость максимальной прочности смешанных 7 % студней желатины и гумата натрия от состава и рН, $t = 20^{\circ}\text{C}$

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Предельное напряжение сдвига, $P_m, \text{кг/м}^2$, при рН:		
	3	5	9
100:0	286,1	500,1	472,1
85:15	267,8	475,2	450,8
75:25	257,4	450,0	438,0
50:50	228,8	415,0	392,9

Таблица 8. Зависимость максимальной прочности смешанных 10 % студней желатины и гумата натрия от состава и рН при 20°C

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Предельное напряжение сдвига, $P_m, \text{кг/м}^2$, при рН		
	3	5	9
100:0	500,0	900,0	850,0
85:15	467,5	855,1	813,5
75:25	443,5	828,2	790,5
50:50	389,1	755,7	712,9

Полученные данные не противоречат результатам по температурам плавления и подтверждают ранее сделанные выводы по влиянию рН системы, состава компонентов на прочность образованной трехмерной сетки.

Изучили влияние содержания гумата натрия на старение студней желатины через изменение массы студней. Результаты исследования представлены в табл. 9.

Таблица 9. Изменение массы смешанных 10 % студней желатины и гумата натрия от состава и рН, $t = 20^{\circ}\text{C}$

Соотношение желатины и гумата натрия, %	Уменьшение массы, $\Delta m, \%$, при рН:		
	3	5	9
100:0	13,1	6,6	6,9
85:15	13,6	7,1	7,4
75:25	13,9	7,5	7,9
50:50	14,5	8,2	8,8

Таким образом, результаты исследования позволили сделать вывод, что присутствие гумата натрия приводит к увеличению времени структурирования, образованию менее прочных структур желатины и ускорению процессов старения студней желатины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бектуров Е.А., Бимендина Л.А., Козлов В.А., Сулейменов И.Э. Самоорганизация органических и неорганических полимеров в воде. Алматы: Наука, 1999. 216 с.
2. Трапезников А.А. Реология и структурообразование в трехмерных и двумерных системах // Ж. физ. хим. 1970. Т. 44, № 3. С. 916-930.
3. Бектуров Е.А., Бимендина Л.А. Мамытбеков Г.К. Комплексы водорастворимых полимеров и гидрогелей. Алматы: Наука, 2002. 220 с.

Резюме

Желатин және натрий гуматы араласқан жүйелерінің реологиялық қасиеттері зерттелген. Іркілдектерінің құры-

лымдану уақыты, балку температурасы, беріктігі, тозуы олардың құрамына, рН-қа және концентрациясына тәуелді зерттелген. Натрий гуматының болуы құрылымдану уақытының артуына, беріктігі аздау құрылымдардың түзілуіне және желатин іркілдектерінің тозуы үрдістерін тездететіні анықталған.

Summary

The article is devoted to the research of reological properties of mixed system gelatine and gumate of sodium, the time of structure, temperature of melting and sturdy, older mixed jelly of gelatine and gumate of sodium on dependent of composition, pH and concentration. Established, that presents of gumate of sodium to leading the time of structure, formation less of sturdy and acceleration the process of older jelly of gelatine.

УДК 541.64

*Северо-казахстанский КГУ
им. М. Козыбаева, г. Петропавловск,*

*Институт органического синтеза
и углекислоты РК, г. Караганда* *Поступила 10.01.09г.*