

А. К. ТАНЫБАЕВА, С. М. ТАЖИБАЕВА, К. Б. МУСАБЕКОВ

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СТУДНЕЙ НА ОСНОВЕ АГАРА

Введение. Широко известна способность биополимеров к образованию устойчивых студней, которые могут служить основой пищевых продуктов, богатых белками кормов в животноводстве, различных форм лекарственных веществ и т.д. [1-3]. Наиболее ценным с этой точки зрения является агар, который отличается быстротой структурирования и высокой прочностью, что обуславливает его применение при получении кондитерских изделий [4]. Для улучшения вкусовых показателей в студни полимеров вводят различные добавки, особенно предпочтительны в этом качестве фруктовые смеси и соки, которые характеризуются отсутствием побочных воздействий на организм. В этой связи особенный интерес представляют бахчевые культуры, богатые витаминами и имеющие относительно невысокую стоимость [5]. В литературе мало сведений об их физико-химии и практически нет информации об их структурообразующих свойствах. Цель настоящего исследования – изучение влияния дынной мякоти на структурообразование агара.

Экспериментальная часть

В исследованиях использовали пищевой агар, ГОСТ Е 406 (Россия).

Мякоть зимних сортов дынь перед использованием отделяли от сердцевины и корки, затем перемешивали до получения однородной массы. Химический состав и энергетическая ценность дыни, определенные по методике [6], представлены в таблице.

Химический состав дыни

Химический состав	%
Вода	82,6
Зола	0,4
Жиры	0,1
Углеводы	16,5
Белки	0,4
Энергетическая ценность, ккал/100г	68

Определение прочности студней проводили на приборе Вейлера-Ребиндера методом тангенциально смещаемой пластинки [7]. Сущность

метода заключается в измерении усилия, необходимого для сдвига пластинки, погруженной в структурируемую систему. Напряжение сдвига P_k вычисляют по растяжению предварительного прокалиброванной пружины и соответствующему этому растяжению усилию F по уравнению $P_k = F/2S$, где S – боковая поверхность пластины.

Вязкость растворов агара определяли с помощью вискозиметра Убеллоде, точность определения приведенной вязкости составляет $\pm 1\%$. В исследованиях регистрировали время истечения растворителя – воды, раствора агара и его смесей с другими реагентами. Приведенную вязкость определяли по отношению удельной вязкости к концентрации полимера в исследуемой системе $\eta_{пр} = \eta_{уд} / C$, где C – концентрация полимера в г/дл, а $\eta_{уд} = \eta_{отн} - 1$. Относительная вязкость $\eta_{отн}$, в свою очередь, определяется как $\eta_{отн} = \tau / \tau_0$, где τ и τ_0 – время истечения раствора полимера и воды, с. Вискозиметрические исследования проводили в термостате при температуре 25°C, при этом время истечения воды составляло 96 с.

Результаты и их обсуждение

В сравнении с другими биополимерами агар обладает большой структурообразующей способностью [4]. Как видно из рис. 1, его критическая концентрация структурообразования (ККС) составляет 0,75 г/100 мл, в то время как у желатина, например, эта величина составляет 1 г/100мл. Введение в раствор агара дынной мякоти, несколько снижает его ККС, то есть увеличивает его и без того высокую прочность. Для сравнения отметим, что введение дынной мякоти в раствор желатина значительно снижает прочность его студней [8].

Агар является природным полисахаридом, имеющим в различных соотношениях функциональные группы углеводного характера ($-CH_2OH$), карбоксильные группы ($-COOH$) и сульфогруппы ($-SO_3H$) [9]. В дынях также основными компонентами являются углеводы (табл.). Сладость плодов обеспечивается сахарами – сахарозой, глюкозой и фруктозой [5],

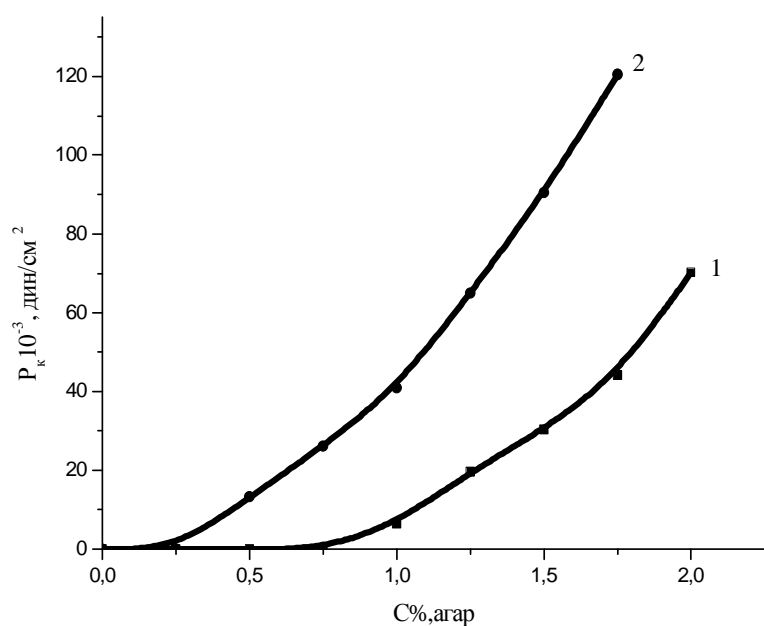


Рис. 1. Кривые структурирования агара (1) и смеси агар-дынная мякоть (2) при их массовом соотношении 1:1

причем на долю сахарозы приходится 60–70% всех сахаров дыни. Роль цементирующих веществ выполняют полисахариды – пектины и гемицеллюлоза, которые склеивают клеточные оболочки.

Пектины представляют собой полимер галактуроновой кислоты, в котором часть карбоксильных групп метоксилирована. Существует также мнение [4], что пектин, лишенный метоксилированных групп, не способен к образованию студней. Превалирование углеводных групп в обоих компонентах структурирующей системы, по видимому, создает благоприятные условия для возникновения Н-связей между ними и гидрофобных взаимодействий между их неполярными участками.

Известно, что многие процессы в растворах, сопровождающиеся образованием или выделением новой фазы, в значительной степени зависят от качества растворителя [11]. Качество воды как растворителя можно регулировать путем введения гидротропов – веществ, повышающих растворимость некоторых соединений преимущественно за счет нарушения ее нативной структуры и ослабления гидрофобных взаимодействий [12]. Так, опыты по структурированию желатина в воде в присутствии мочевины показали, что водородные связи и гидрофобные взаимодействия исчезают при концентрации мочевины в растворе 8 моль/л [13]. Исследование влияния концентрации мочевины на образование студней агара и смесей агар – дынная мякоть показали, что в среде 4 моль/л мочевины агар теряет спо-

собность к структурированию (рис. 2), однако в смеси агар – дынная мякоть прочность студней в этих условиях остается значительной. Это, вероятно, можно объяснить вкладом в студнеобразование сахаров в составе дынной мякоти, которые являются водоотнимающими веществами [4]. Очевидно, в таком случае в смеси агар – дынная мякоть структурообразование идет за счет Н-связей с участием молекул сахара в качестве связующего агента.

Введение в среду NaCl (рис. 3) оказывает обратный эффект на систему – при этом увеличивается прочность агара и несколько снижается прочность системы агар – дынная мякоть. По видимому, ионы Na⁺ блокируют отрицательно заряженные функциональные группы агара – карбоксильные и сульфоксильные, – уменьшая электростатическое отталкивание между ними, что создает условия для возникновения новых неполярных контактов и Н-связей между его макромолекулами.

В случае дынной мякоти, очевидно, ионы электролита оказывают денатурирующие действие на ее клетки, разрушая целостность образуемых структур, что, соответственно, снижает прочность системы агар – дынная мякоть.

С другой стороны нельзя исключать возможность “высаливающего” действия соли, которое способствует выделению растворенных веществ в отдельную фазу. В таком случае система агар – дынная мякоть, имеющая большее количество водородных связей с водой, чем агар, будет менее

Рис. 2. Влияние мочевины на структурообразование агара (1) и смеси агар – дынная мякоть (2).
 $C_{\text{агара}} = 1,5\%$

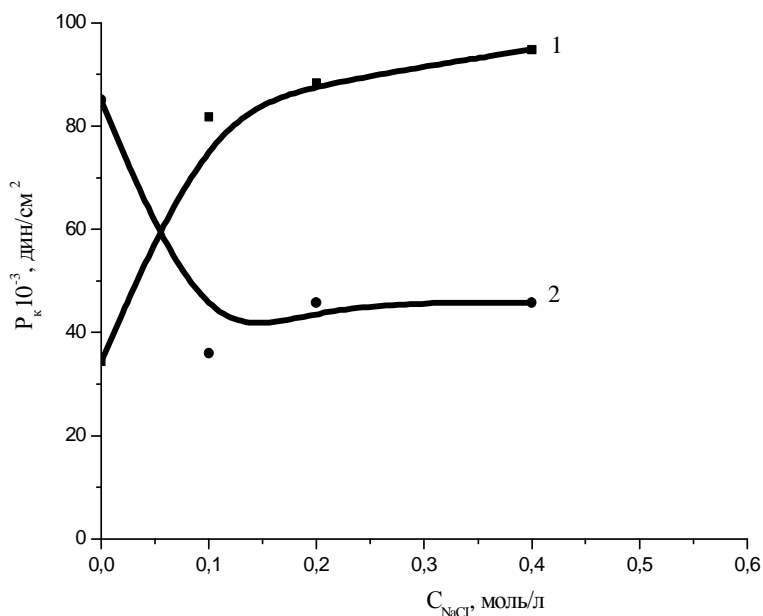
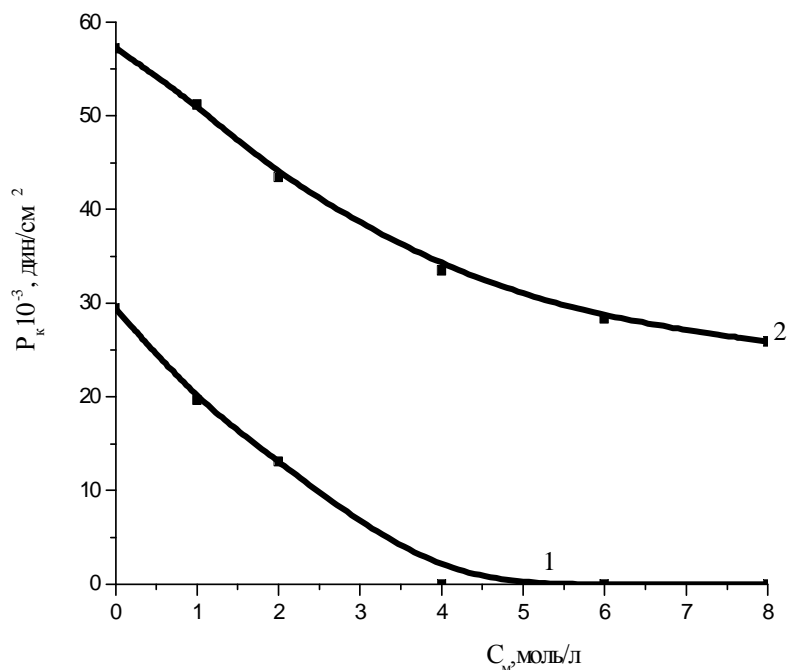


Рис. 3. Кривые структурирования агара (1) и смеси агар – дынная мякоть (2) в присутствии NaCl. $C_{\text{агара}} = 1,5\%$

склонна к разрыву этих связей и отделению от растворителя, нежели исходный полимер.

Определенный интерес представляет влияние сахара на структурообразование агара с дынной мякотью, так как он является неотъемлемым компонентом кондитерских изделий. С другой стороны, сахар является дегидратирующим компонентом [4, 10], способствующим структурированию полимеров. Введение сахара в небольшом количестве (до 0,05%) снижает прочность студней агара, однако дальнейшее увеличение его концентрации повышает структурированность

полимера (рис. 4). В смеси агар – дынная мякоть с первых же добавок сахара наблюдается рост прочности. Снижение прочности агара при незначительных добавках сахара, вероятно, можно связать с разбавлением раствора полимера низкомолекулярным агентом. Однако дальнейшее увеличение его концентрации приводит к формированию сетки водородных связей по всему объему структурируемой системы, что, соответственно, ведет к увеличению прочности системы. Аналогичное влияние он оказывает и на систему агар – дынная мякоть.

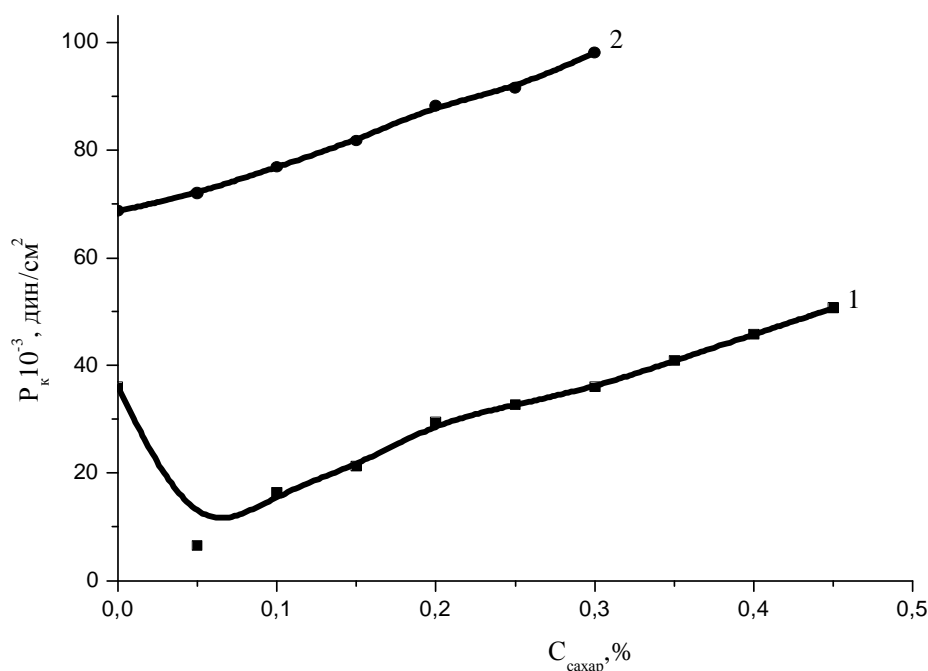


Рис. 4. Зависимость прочности студней агара (1) и смеси агар – дынная мякоть (2) от концентрации сахара. $C_{\text{агара}} = 1,5\%$

Некоторую информацию о механизме взаимодействия водорастворимых полимеров с другими компонентами можно получить из данных вискозиметрии. Для измерения вязкости использовали разбавленные растворы агара и сахара, а для отделения крупных частиц дынную мякоть пропускали через фильтр Шотта.

Вискозиметрическое титрование раствора агара дынным соком и раствором сахара показывает различие в изменении приведенной вязкости систем агар – дынный сок и агар –

сахар (рис. 5). Резкое снижение приведенной вязкости агара при введении дынного сока обусловлено, по-видимому, скручиванием макромолекул полимера вследствие межмолекулярных взаимодействий между высокомолекулярными компонентами смеси, а дальнейшее увеличение количества дынного сока, вероятно, приводит к обогащению смеси COO^- -группами, взаимное отталкивание которых приводит к увеличению размера комплекса агар – пектин.

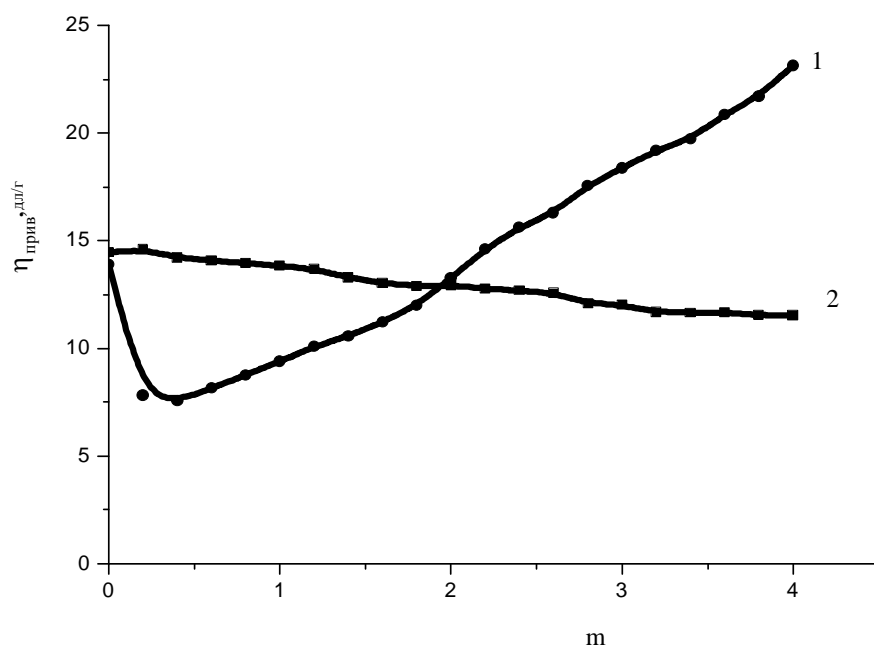


Рис. 5. Кривые вискозиметрического титрования 0,005% агара дынным соком (1) и раствором сахара (2). m – массовое соотношение дынный сок / агар и сахар / агар

В случае системы агар – сахар наблюдается, наоборот, монотонное снижение приведенной вязкости системы, что обусловлено образованием Н-связей между агаром и сахаром, стабилизованных гидрофобными взаимодействиями между их неполярными участками.

Таким образом, введение дынной мякоти в раствор агара значительно увеличивает прочность студней. При структурировании агара с дынной мякотью и сахаром определяющими являются водородные связи между функциональными группами углеводов и гидрофобные взаимодействия между неполярными участками их молекул, вклад которых можно регулировать с помощью добавок мочевины и NaCl.

ЛИТЕРАТУРА

1. Платэ Н.А., Васильев А.Е. Физиологически активные полимеры. М.: Химия, 1986.
2. Завлин П.М., Измайлова В.Н., Сакварелидзе М.А., Ямпольская Г.П. // Прикладной химии. 1993. №2. 320.
3. Бектуров Е.А., Сулейменов И.Э. Полимерные гидрогели. Алматы: Ғылым, 1998.
4. Маршалкин Г.А. Технология кондитерских изделий // Пищевая промышленность. М., 1978. С. 103.
5. Ермохин В.Н. Дыни Узбекистана. Ташкент.
6. Руководства по методом анализа качества и безопасности пищевых продуктов / Под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М.: Медицина, Брандес, 1998.
7. Воларович М.Г. Коллоиды в пищевой промышленности // М.: Пищепромиздат, 1994.
8. Тажиббаева С.М., Мусабеков К.Б., Таныбаева А.К., Тюсюпова Б.Б. // Пищевая технология и сервис. 2005. №3. 48.
9. Кудашева Р.В. // Коллоидный журнал. 1977. №4. 774.
10. Корячкина С.Я. Новые виды мучных и кондитерских изделий. Орел, 2001.

11. Холматов Л.И., Лашек Н.А. // Коллоидный журнал. 1990. №2. 400.

12. Плетнев М.Ю. Косметико-гигиенические моющие средства. М.: Химия, 1990. С. 271.

13. Измайлова В.Н., Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах. М.: Наука.

Резюме

Агарқауын жүйесінің құрылымдану ерекшеліктері зерттелді. Агарға қауынды қосу полимердің функционал топтарымен қауынның пектиндік заттарының арасында сутектік байланыстар мен гидрофобтық әрекеттесудің пайда болуына апаратын, нәтижесінде агардың сірнелерінің беріктігі жоғарылайды. 4М мочевины ортасында агардың құрылымтүзгіштігі жойылып, ал қауын қатысында алынған сірнелердің беріктігі сақталатындығы көрсетілді. NaCl қатысында агар сірнелерінің беріктігінің өсетіндігі, ал агар-қауын жүйесінің құрылым түзгіштігі азаятындығы анықталды.

Summary

Features of structurization in agar-melon pulp system have been investigated. Strength of agar gels was increased considerably by adding of melon pulp that is caused by formation of a grid of hydrogen bonds between functional groups of agar and the melon pulp pectin stabilized by hydrophobic interactions between their nonpolar sites. It is shown that in 4 M carbamide media, the agar loses ability to structurization, and strength of its gels with melon pulp in these conditions remains significant. At presence of NaCl, strength of agar gels increases and strength of agar-melon pulp system decreases that can be connected as with blocking a part of ionized groups of agar by salt cations and decrease in their electrostatic repulsion, and with «salt out» of salt activity on system polymer-solvent. The tendency to hardening structure of gels at presence of sugar is observed.

УДК 541.64

Казахский национальный университет

им. аль-Фараби

Поступила 1.10.07г.