

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ КАТИОНОВ СОЛЕЙ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ГЕЛЛАНОВОЙ КАМЕДИ ДО ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ

Ё.Х. Азимов, У.Т. Рахимов, Н.К. Турсунов, О.Т. Тоиров
Ташкентский государственный транспортный университет

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена к изучению влияния катионов, таких как хлорид кальция и сульфата железа, на реологический статус геллановой камеди до гелеобразования и пригодности моделей течения для их характеристики. В качестве желирующего агента использовали геллановую камедь.

Ключевые слова: Вязкость, гелей, pH, температура, реограмма.

ABSTRACT

The work is devoted to the study of the influence of cations, such as calcium chloride and ferrous sulfate, on the rheological status of gellan gum before gelation and the suitability of flow models for their characterization. Gellan gum was used as a gelling agent.

Keywords: Viscosity, gels, pH, temperature, rheogram.

ВВЕДЕНИЕ

Понимание поведения потоков зелей перед образованием геля важно для разработки обогащенных питательными веществами гелей. Было исследовано влияние катионов типа CaCl_2 (0,05 и 0,1%, мас./мас.) и FeSO_4 (0,05 и 0,1 %, мас./мас.) на реологические свойства 1 % золя геллана (мас./мас.) перед гелеобразованием. Видимая вязкость, сообщаемая при скорости сдвига 100 с^{-1} , показала, что дисперсия геллана без какого-либо катиона имеет более низкие значения по сравнению с другими образцами, содержащими различные катионы. Модель «кросс» обеспечила наилучшее соответствие ($0,97 \leq r \leq 0,99$, $p \leq 0,01$) по сравнению с умеренной моделью силового закона ($0,94 \leq r \leq 0,98$). Среди различных параметров кросс-модели вязкость с нулевым сдвигом (η_0) увеличивалась с добавлением CaCl_2 и FeSO_4 и с увеличением их концентраций. Значения вязкости зародышей составляли 0,46 для геллановой золя 0,79 для геллана с 0,05 % (мас./мас.) CaCl_2 , 1,41 для геллана с 0,1 % CaCl_2 , 3,85 для геллана с 0,05% FeSO_4 и 4,33 для геллана с 0,1 % FeSO_4 . Увеличение концентрации катионов от 0,05 до 0,10 % (мас./мас.) незначительно

увеличивало значения времени релаксации (λ), указывающие на развитие более твердых характеристик в золе.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Важность реологической характеристики заключается в разработке процессов и продуктов, разработке систем потока, масштабировании и моделировании в дополнение к пониманию поведения при транспортировке, потоке и деформации. Для жидкого пищевого продукта, такого как гидроколлоидная дисперсия, генерация широкого спектра данных о скорости сдвига/сдвиговой напряженности/кажущейся вязкости помогает понять поведение материала, которое полезно для многих практических применений, в том числе связанных с сенсорными признаками.

Пищевые гели на основе гидроколлоидов набирают популярность как привлекательные кондитерские продукты. Эти специальные гели предлагают особые преимущества, включая привлекательный внешний вид и текстуру, а также наслаждение во время приема пищи. Однако разумный выбор гидроколлоидных и других добавок, а также регулирование соответствующих условий формирования геля, таких как температура, pH, концентрация и время, одинаково важны для получения геля на основе гидроколлоидов с желаемыми объективными и субъективными признаками.

В пищевой системе используются несколько гидроколлоидов. Среди этих гидроколлоидов, используемых в пищевых препаратах, геллановая смола обладает несколькими преимуществами, включая разработку продукта с искрящейся вязкостью. Это анионный полисахарид, полученный *Sphingomonas elodea*, ранее называвшийся *Pseudomonas elodea*. Коммерчески он производится в процессе ферментации. Этот полисахарид широко используется в пищевой и биотехнологической промышленности, поскольку он образует относительно теплый и кислотостойкий гель по сравнению с другими гелями полисахарида. Точные свойства гелеобразования в решающей степени зависят от присутствующего катиона. Геллан также обладает несколькими преимуществами, такими как легкие и быстрые характеристики для создания высокопрозрачного геля. Многокомпонентные или смешанные гели, содержащие геллан, могут сочетаться с другим гидроколлоидом, чтобы предложить специальные функции, которые могут быть невозможны при использовании одного отдельного гелеобразователя определили текстурные признаки геллановых гелей, образованных моно- и двухвалентными катионами.

Сообщалось о бинарных гелях с использованием смеси геллана и других гидроколлоидов сообщили, что концентрация геллановой смолы оказывает выраженное влияние на текстурные свойства образовавшегося геля. Были определены характеристики вязкоупругих (колебательных свойств) геллановых зелей при низких концентрациях (0,005-0,05 %). Они отметили, что усиление сетевых структур происходит с увеличением концентрации гелланов, что в конечном итоге приводит к получению более эластичных гелей, хорошо подтвержденных реологией систем.

Двухвалентные катионы являются более эффективными гелеобразователями, чем одновалентные катионы. Как сообщалось, маргинально растворимые соли кальция, такие как сульфат кальция, хлорид кальция и цитрат кальция, образуют сшивку в гелях. Эксперименты предположили, что дисперсии геллановой камеди с достаточными двухвалентными катионами образуют твердые гели при охлаждении ниже температуры установки геля. Такое поведение заметно отличается от поведения термореввертируемых гелей, образованных только геллановой смолой или в присутствии одновалентных катионов. В этом контексте может быть возможно использовать двухвалентные источники железа и кальция, которые будут использоваться вместе с гелланом, так что разработанные гели могут служить хорошим источником этих питательных веществ. Следовательно, существует область для разработки геллановых гелей, включенных в состав двухвалентных ионов, где характеристика золя является обязательной для понимания ее поведения потока. Полезность таких исследований заключается в выборе и разработке системы потока для обработки геллановых зелей до подготовки гелей, полезных для здоровья.

В дистиллированной воде готовили путем гидратации порошка смолы в магнитной мешалке в течение 15 мин с последующим нагреванием в водяной ванне, поддерживали при температуре 90 °C в течение 20 мин. Концентрации 0,05 и 0,10 % (мас./мас.) для CaSO_4 и FeSO_4 регулировали добавлением этих твердых веществ только в конце периода нагревания геллановой смолы с последующим хорошо перемешиванием с использованием механической мешалки. Концентрация 0,15 % (мас./мас.) была затруднена, так как образование геля начиналось немедленно при добавлении.

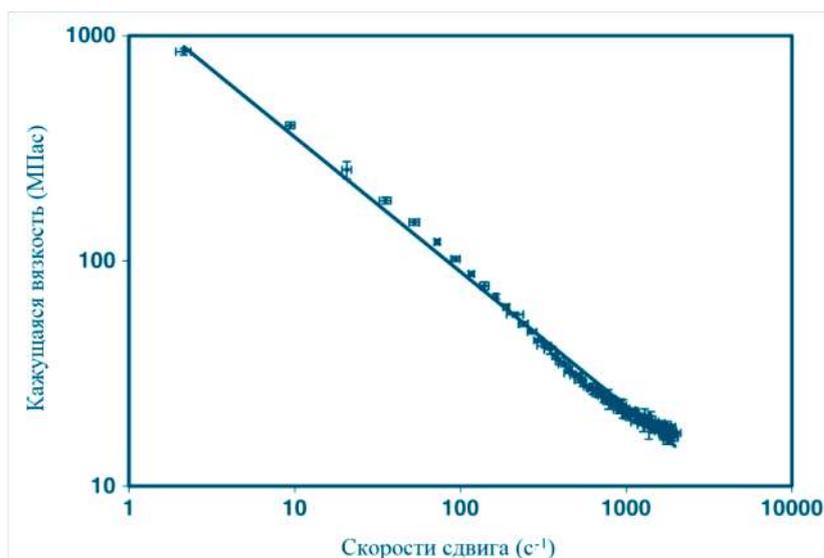


Рисунок 1. Примерный график, показывающий кажущуюся вязкость в отношении скорости сдвига для 1 %-ной дисперсии геллана

Реограмма образца (график кажущейся вязкости против скорости сдвига) для 1%-ной дисперсии геллана или золя (мас./мас.) (рисунок 1), он показывает неньютоновские характеристики прореживания сдвига, поскольку при увеличении скорости сдвига происходит логарифмическое линейное уменьшение. Явление разжижения сдвига часто встречается в пищевых системах, которые, как полагают, связаны с нарушением частиц, существующих как агломераты в дисперсиях. Показали, что модель силового закона может адекватно описывать поведение потока и значения вязкости при низких и средних скоростях сдвига для разбавленных дисперсий геллана вблизи перехода золь-гель. В настоящем исследовании модель Кросса может обеспечить отличную подгонку ($0,97 \leq r \leq 0,99$, $p \leq 0,01$) (рисунок 1) по сравнению с умеренным соответствием модели силового закона ($0,94 \leq r \leq 0,98$). Увеличение вязкости с нулевым сдвигом (η_0) и вязкости с бесконечным сдвигом (η_∞) модели Кросса происходит с увеличением концентрации катионов (рисунок 2). Вязкость с нулевым сдвигом отражает невозмущенный статус образца и это важно при хранении; это указывает на реологический статус при чрезвычайно низкой скорости сдвига, как при столкновении. Увеличение же означает, что система более стабильна во время хранения и не течет. Вязкость с бесконечным сдвигом происходит при высоких скоростях сдвига и представляет реологический статус образца, который подвергается большой степени возмущений, таких как распыление, смешивание и прокачка. Однако величины вязкости с бесконечным сдвигом намного меньше соответствующей им нулевой вязкости сдвига, и, следовательно, этим членом можно пренебречь по

сравнению с η . Индекс мощности модели Кросса (n) отражает характерное поведение образца; высокое значение n уменьшает кажущуюся вязкость системы. В диапазоне настоящих условий эксперимента значения n находятся между 0,38 и 0,86.

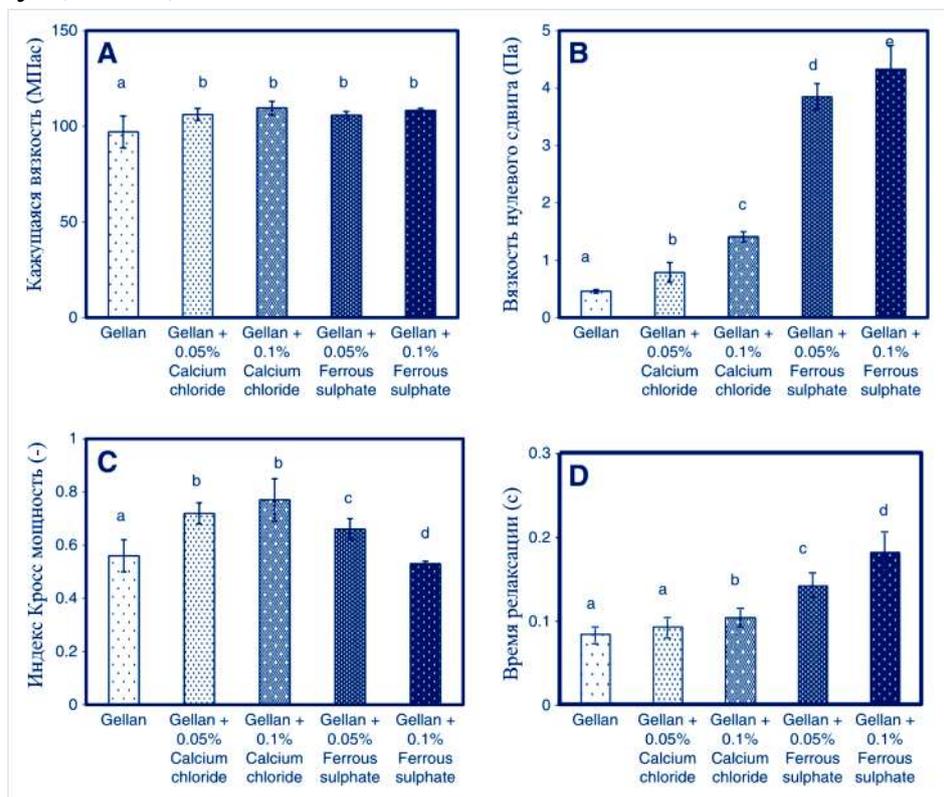


Рисунок 2. Влияние различных катионов: А – на кажущуюся вязкость при скорости сдвига вязкости 100 с^{-1} , В – вязкость нулевого сдвига, С – индекс мощности Кросса и D – время релаксации геллановых дисперсий.

Влияние катионов на различные параметры потока показано на рисунке 2. Очевидная вязкость, сообщаемая при сдвиге 100 с^{-1} , указывает на то, что золь геллана без какого-либо катиона обладает более низкой кажущейся вязкостью по сравнению с другими образцами, содержащими различные катионы; последние образцы не отличаются статистически ($p \leq 0,01$) от их кажущейся вязкости (рис. 2А). Среди различных параметров Кросс-модели вязкость с нулевым сдвигом (η) увеличивается с добавлением CaCl_2 и FeSO_4 и с увеличением их соответствующих концентраций (рис. 2В). Индекс мощности (n) модели Кросса является безразмерной константой, которая отражает характеристики дисперсий. Ожидается, что увеличение n значений уменьшит кажущуюся вязкость системы. В настоящем исследовании он варьируется в зависимости от типа и концентрации катионов (рис. 2С). Однако не наблюдается четкой тенденции в n значениях с катионами. Возможно, что

метод нелинейного анализа, использованный в настоящей работе (для вычисления n значений), не может определить небольшие изменения, происходящие в n значениях. Параметр релаксации (λ) является показателем времени, затрачиваемого на материал для релаксации до 1/4 доли начального напряжения. Низкое значение означает преобладающие характеристики жидкости, а высокое значение указывает на твердое поведение; жидкость предлагает мгновенную релаксацию, когда ей позволяют расслабиться и обладает значением, близким к нулю. Напротив, твердый образец занимает значительное время для релаксации, тогда как вязкоупругие образцы предлагают промежуточные значения между идеальной жидкостью и идеальным твердым телом. Увеличение концентрации катионов от 0,05 до 0,10 % (мас./мас.) увеличивает значения λ , особенно для образцов золя FeSO_4 , что означает развитие более твердых характеристик перед гелеобразованием. Золь, содержащий 0,10 % (мас./мас.) FeSO_4 , обладает видной твердой характеристикой, о чем свидетельствует наивысшее значение λ 0,83 (рис. 2D).

Сообщалось, что соли кальция, такие как сульфат кальция, хлорид кальция и цитрат кальция, пытаются образовывать сшивку в гелях. Образование таких поперечных связей увеличивает вязкость системы. Предыдущее исследование, проведенное предполагает, что дисперсии геллановой камеди с достаточными двухвалентными катионами могут образовывать твердые гели при охлаждении ниже заданной температуры. Такое поведение отличается от поведения термообратимых гелей, образованных только геллановой смолой или в присутствии одновалентных катионов. Гелеобразующие свойства золя геллана в решающей степени зависят от присутствующего катиона. Для геллановой смолы необходимо создать достаточное количество двухвалентных катионов для образования твердого геля в различных зонах соединения с разной тепловой устойчивостью. В настоящей работе увеличение концентрации катионов увеличивает кажущуюся вязкость зольной системы. Двухвалентные катионы способствуют образованию более устойчивых зон соединения, чем одновалентные катионы. Например, температура увеличивается от примерно 71 до 80 °C, так как концентрация кальция увеличивается от 2 до 80 мМ. Аналогичное увеличение наблюдается и при увеличении концентрации натрия или калия от 10 до 200 мМ. Высокая ацил-геллановая смола способна образовывать самонесущие гели при концентрациях выше приблизительно 0,2 % смолы.

Дисперсии геллана ведут себя как неньютоновские жидкости и проявляют характеристики прореживания сдвига. Присутствие катионов, таких как CaCl_2 и FeSO_4 , изменяет реологический статус золя до гелеобразования. Модель Кросса подходит для объяснения взаимосвязи между скоростью сдвига и сдвиговым напряжением. Изменение времени релаксации дисперсий зависит от уровня и типа катионов.

REFERENCES

1. Skendi A, Papageorgiou M, Biliaderis CG (2010) Influence of water and barley β -glucan addition on wheat dough viscoelasticity. *Food Res Intl* 43:57-65
2. Кучкоров, Л. А., & Турсунов, Н. К. (2021). ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ. *Scientific progress*, 2(5), 350-356.
3. Boburbek Toiro'g'li, T., Saminjonovich, J. T., & Otabek Toiro'g'li, T. (2021). Ob'yektlarni Tanib Olishda Neyron Tarmoqning O'rni. Барқарорлик ва Етакчи Тадқиқотлар онлайн илмий журналі, 1(6), 681-684.
4. Toirov, B. T., Jumaev, T. S., & Toirov, O. T. (2021). OBYEKT LARNI TANIB OLISHDA PUTHON DASTURIDAN FOYDALANISHNING AFZALLIKLARI. *Scientific progress*, 2(7), 165-168.
5. Рахимов, У. Т., Турсунов, Н. К., Кучкоров, Л. А., & Кенжаев, С. Н. (2021). ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦИНКА Zn НА РАЗМЕР ЗЕРНА И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Mg-Nd-Y-Zr. *Scientific progress*, 2(2), 1488-1490.
6. Нурметов, Х. И., Турсунов, Н. К., Кенжаев, С. Н., & Рахимов, У. Т. (2021). ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ. *Scientific progress*, 2(2), 1473-1479.
7. Нурметов, Х. И., Турсунов, Н. К., Туракулов, М. Р., & Рахимов, У. Т. (2021). УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕРИАЛА КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТОРМОЗНОЙ КАМЕРЫ. *Scientific progress*, 2(2), 1480-1484.
8. Дауд, А. Д. А., Турсунов, Н. К., & Семин, А. Е. (2017). ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ДЕФОСФОРАЦИИ ХРОМИСТОГО РАСПЛАВА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ИХ ОКСИДАМИ. In *Физико-химические основы металлургических процессов* (pp. 61-61).

9. Тен, Э. Б., & Тоиров, О. Т. (2020). Оптимизация литниковой системы для отливки «Рама боковая» с помощью компьютерного моделирования. In *Прогрессивные литейные технологии* (pp. 57-63).
10. ТУРСУНОВ, Н., & ТОИРОВ, О. (2021). СНИЖЕНИЕ ДЕФЕКТНОСТИ РАМ ПО ТРЕЩИНАМ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ. In *ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ* (pp. 162-165).
11. Азимов, Ш. И. М. М., & Валиева, Д. Ш. (2021). АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ПРИВОДА ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ШТРИПСОВОГО СТАНКА. *Scientific progress*, 2(2), 1470-1472.
12. Азимов, С. Ж., & Валиева, Д. Ш. (2021). РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РЕГУЛИРУЕМОГО АМОРТИЗАТОРА АКТИВНОЙ ПОДВЕСКИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ. *Scientific progress*, 2(2), 1197-1201.
13. ТУРСУНОВ, Н. (2021). ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТАЛИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ. ВЯ Негрей, ВМ Овчинников, АА Поддубный, АВ Пигунов, АО Шимановский, 158.
14. Турсунов, Н. К. (2021). Обоснования требований к сталям ответственного назначения, используемым в железнодорожном транспорте.
15. Турсунов, Н. К. (2021). Повышение качества стали, используемой для изготовления литых деталей подвижного состава, за счет применения модификаторов.
16. Турсунов, Н. К. (2021). Повышение качества стали за счёт применения редкоземельных металлов.
17. Турсунов, Н. К. (2021). Исследование и совершенствование режимов рафинирования стали в индукционных печах с целью повышения качества изделий.
18. Рахимов, У. Т., Турсунов, Н. К., Кучкоров, Л. А., & Кенжаев, С. Н. (2021). ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦИНКА Zn НА РАЗМЕР ЗЕРНА И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Mg-Nd-Y-Zr. *Scientific progress*, 2(2), 1488-1490.