

ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ КАОЛИН – АЛЬГИНАТ НАТРИЯ – СУЛЬФАТ КАЛЬЦИЯ – ПИРОФОСФАТ НАТРИЯ

А.Л. Верещагин, Е.А. Кукарина, Е.В. Грешных

Бийский технологический институт (филиал) Алтайского технического университета им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия

Представлены результаты исследований изменений происходящих при формировании наполненных альгинатных гелей при внутреннем диффузионном гелеобразовании. Исследование проводилось для систем, состоящих из каолина и альгината натрия с системой отверждения из сульфата кальция и пирофосфата натрия. Установлено, что применение реологических методов исследования позволяют получать данные о показателях качества альгинатных гелей и их составе, и механизме гелеобразования. Установлено, что для системы каолин – альгинат натрия – сульфат кальция – пирофосфат натрия при формировании альгинатного геля целесообразно использовать сульфат кальция с массовой долей от 5 до 6,5, а пирофосфат натрия с массовой долей от 1,5 до 3 % при гидромодуле 1 к 3 и температуре воды 20 °С.

Эти данные можно использовать при разработке рецептуры альгинатных масок и подготовки нормативной технической документации.

Ключевые слова: альгинат натрия, каолин, реология, альгинатные гели, сульфат кальция, пирофосфат натрия

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы гомогенные гели альгината кальция нашли широкое применение в биотехнологии [1], фармакологии [2-3] и 3D имплантологии [4]. Это обусловлено их уникальным сочетанием физико-химических свойств, биосовместимости, а также доступностью и относительно невысокой ценой на их компоненты.

В настоящее время для получения гомогенных гелей альгината кальция используется реакция обмена между альгинатом натрия и малорастворимыми солями кальция, такими как карбонат, сульфат, фосфат или гидрофосфат, растворение которых обеспечивает медленное поступление ионов Ca^{2+} к молекулам альгината, например [5]. Для получения прочных гелей и создания оптимальных и контролируемых условий в реакционную смесь добавляют комплексообразователи, такие как пирофосфат или полифосфат.

Альгинат кальция образует связующее в так называемых альгинатных или моделирующих масках ухаживающей косметики за кожей лица [5].

В состав стандартной рецептуры для приготовления альгинатной маски входят наполнитель – диатомовая земля (70%) и связующее, состоящее из альгината натрия (15%), $CaSO_4$ (3%) и $Na_4P_2O_7$ [6].

Использование в качестве наполнителя диатомовой земли отечественных производителей в альгинатных гелях осложняется отсутствием предложения продуктов, очищенных от железа, придающих готовым изделиям грязно-желтый цвет, неизменяемый введением неорганических пигментов.

В связи с этим обстоятельством в качестве наполнителя был использован каолин – продукт белого цвета. Наиболее пригодной на наш взгляд для использования в альгинатных масках является пищевая каолиновая глина и белая косметическая глина Кыштымского месторождения в Свердловской области, единственного производителя в РФ. Белый цвет каолина создает благоприятные условия для создания окрашенных альгинатных масок за счет использования минеральных красителей.

Исходный компонент связующего – альгинат натрия высоко гидрофилен, биосовместим и обеспечивает высокую вязкость структуры при небольших концентрациях, имеет невыраженный нейтральный вкус, значения pH его растворов близки к нейтральным. Гели, образованные альгинатом кальция, термонеобратимы и обладают относительной кислотоустойчивостью. Гелеобразование происходит в результате реакций комплексообразования между ионами Ca^{2+} и карбоксильными группами молекул альгината.

К исходному составу смеси порошков альгинатных масок предъявляют следующие технологические требования: при смешивании с водой индукционный период для начала гелеобразования составляет 2-4 минуты, полное завершение гелеобразования должно происходить за время процедуры (20-30 минут), pH среды должна быть безопасной для кожи лица (находиться в диапазоне 5-9); за 20-30 минут контакта с кожей лица должно отсутствовать окрашивание кожи и аллергические реакции [7].

Альгинатные маски в процессе получения представляют собой наполненные гели, исследование реологии которых мало изучено.

Известно, что повышение массовой доли ионов кальция приводило к снижению эластичности гелей [8]. В связи с этим состав системы гелеобразования во многом определяет функциональные свойства альгинатных масок.

Разбавленные растворы альгината натрия являются ньютоновскими жидкостями [9]. Их вязкость не зависит от скорости сдвига. С увеличением массовой доли альгината реологическое поведение изменяется. Растворы альгинатов переходят в неньютоновские жидкости, характеризующиеся псевдопластичным поведением.

Для образования прочных гомогенных альгинатных гелей достаточно вводить от 2,5 до 5,0% альгината натрия [10-11].

В стандартной рецептуре альгинатных масок [6] при гидромодуле 1:3 массовая доля альгината натрия составляет 3,75 %.

Нами ранее было проведено исследование реологии смеси маски альгинатной с дистиллированной водой в массовом соотношении: от 1:3 до 1:10 от времени смешения при температуре 20°C.

Было установлено [7], что с увеличением гидромодуля при приготовлении альгинатной маски, коэффициент растекаемости также возрастает от 1,375 до 2,465. Однако при гидромодуле больше 5 происходило расслоение массы, поэтому целесообразно использовать гидромодуль 1:3 (10 г смеси на 30 см³ воды).

Проведенное нами ранее исследование динамики вязкости от гидромодуля показало, что с увеличением разбавления величина первоначальной эффективной вязкости уменьшается с 220 до 30 Па·с при градиенте скорости сдвига 0,3333 с⁻¹ и с 14 до 2 Па·с при градиенте скорости сдвига 9,0 с⁻¹. Одновременно наблюдается увеличение времени живучести от 2 мин до 13 мин при градиенте скорости сдвига 0,3333 с⁻¹ и от 2 мин до 9 мин при градиенте скорости сдвига 9,0 с⁻¹.

Установлено, что с ростом температуры живучесть альгинатных композиций уменьшается и при температуре 20 °С живучесть состава максимальна во всем диапазоне разбавлений.

Целью настоящей работы является исследование влияния массовой доли компонентов системы гелеобразования - CaSO₄ и пирофосфата натрия на реологические свойства системы на основе каолина, альгината натрия, сульфата кальция, пирофосфата натрия при гидромодуле 1:3.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы. Для приготовления образцов гелей использовали следующие вещества.

Альгинат натрия (C₆H₇O₆Na)_n по ТУ 15-02-544-83 (Архангельский опытный водорослевый комбинат).

Система гелеобразования включала CaSO₄ (ч.д.а.) в качестве источника ионов кальция и Na₄P₂O₇ (х.ч.) в качестве секвестранта, используемого для регулирования живучести связующего.

Каолин, обогащенный для косметической промышленности КБЕ-3 по ГОСТ 21285-75 использовался в качестве наполнителя.

Вода дистиллированная при температуре 18 °С.

Приготовление образцов. Для смешения исследуемых композиций с помощью технических весов берутся навески каждого компонента, входящего в состав базового состава (МС-3) альгинатного геля 9,8 г (100 %) (альгинат натрия – 2 г (20,4 %), сульфат кальция – 0,65 г (6,5 %), пирофосфат натрия – 0,15 г (1,5 %), каолин – 7 г (71,4 %). Затем они последовательно засыпаются в ступку в строго определенном порядке. Сначала загружается навеска альгината натрия, затем навеска сульфата кальция, затем навеска пирофосфата натрия и смесь перетирается пестиком в течение 1,5 минуты. Затем загружается навеска каолина и снова перетирается пестиком в течение 1,5 минуты. Исследуемая композиция готова для дальнейших испытаний.

Для оптимизации данного состава изменяется навеска CaSO₄ с 0,65 г (6,5 %) на навески: 0,3 г (3%) – МС-1, 0,5 г (5%) МС-2, 0,7 г (7%) – МС-4, 0,8 г (8%) – МС-5.

Также для оптимизации исходного состава изменяется навеска пирофосфата натрия с 0,15 г (1,5 %) на навески: 0,1 г (1%) – МС-6, 0,2 г (2%) – МС-7, 0,3 г (3%) – МС-8.

Для получения рабочего состава 10 г смеси размешивали в 30 см³ дистиллированной воды при температуре 18 °С до однородного состояния в течение двух минут.

Реологические исследования. Влияние компонентов системы гелеобразования, введенной в альгинатное связующее на динамику живучести смеси оценивалось ротационным вискозиметром «Реотест-2» по стандартной методике.

Температура испытания: 20°C. Измерительная система: цилиндр / цилиндр, объем 17 см³. Режим 1А, передачи 1 и 7 с градиентами скорости сдвига 0,3333 и 9,0 с⁻¹, соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние массовой доли сульфата кальция и гидромодуля на эффективную вязкость альгинатной композиции для модельных составов представлены на рисунке 1. (режим 1а передача 1 при 20 °С, Z = 2,89, γ = 0,3333 с⁻¹).

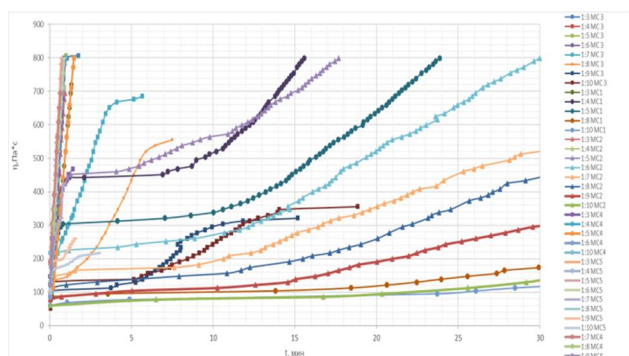


Рис.1 – Влияние массовой доли сульфата кальция и гидромодуля на эффективную вязкость альгинатного геля

Из рисунка 1 видно, что при увеличении массовой доли (м.д.) CaSO_4 с 3 до 8 % масс. в исследуемых модельных составах альгинатных гелей (МСАГ) уровень первоначальной эффективной вязкости альгинатного геля увеличивался с 121 до 190 Па·с при гидромодуле 1:3, и с 69 до 121 Па·с при гидромодуле 1:10. При этом время живучести МСАГ при гидромодуле 1:3 составляет 2-3 с при м.д. CaSO_4 от 3 до 8 %, масс., соответственно, эти составы при гидромодуле 1:3 не пригодны для их применения.

При дальнейшем повышении гидромодуля до 1:10 наблюдается закономерное увеличение времени живучести МСАГ. При увеличении м.д. сульфата кальция от 3 до 8 %, масс., соответственно, время живучести МСАГ уменьшается с 24 мин до 9 с, при градиенте скорости сдвига $0,3333 \text{ c}^{-1}$ (температура $20 \text{ }^\circ\text{C}$).

Влияние массовой доли пиррофосфата натрия и гидромодуля на эффективную вязкость альгинатного геля представлены на рисунке 2.

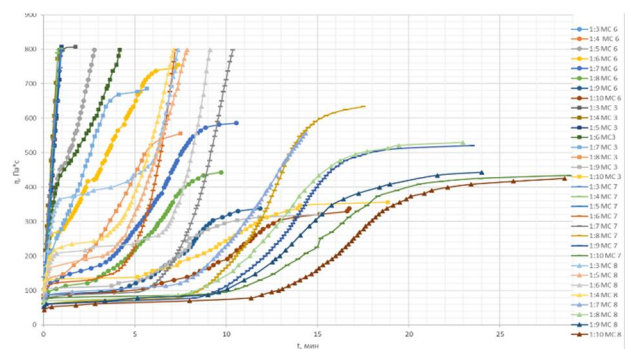


Рис. 2 – Влияние массовой доли $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ и гидромодуля на эффективную вязкость альгинатного геля

Из рисунка 2 видно, что при увеличении м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ с 1 до 3 %, масс. в исследуемых модельных составах уровень первоначальной эффективной вязкости снижается с 130 до 104 Па·с при гидромодуле 1:3, и с 78 до 61 Па·с при гидромодуле 1:10. При этом время живучести МСАГ при гидромодуле 1:3 увеличивается от 2 с до 1 мин при

м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ от 1 до 3 %, масс., соответственно. Таким образом, состав с м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 1 % масс. при гидромодуле 1:3 не пригоден для применения. При дальнейшем повышении гидромодуля до 1:10 наблюдается закономерное увеличение времени живучести МСАГ. При увеличении м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ от 1 до 3 %, масс., соответственно, время живучести МСАГ увеличивается с 5,5 мин до 11,5 мин, соответственно, при градиенте скорости сдвига $0,3333 \text{ c}^{-1}$ (температура $20 \text{ }^\circ\text{C}$).

Влияние гидромодуля, состава и температуры на коэффициент растекаемости альгинатного геля оценивалось на приборе для определения коэффициента растекаемости. Методика испытаний описана в [7].

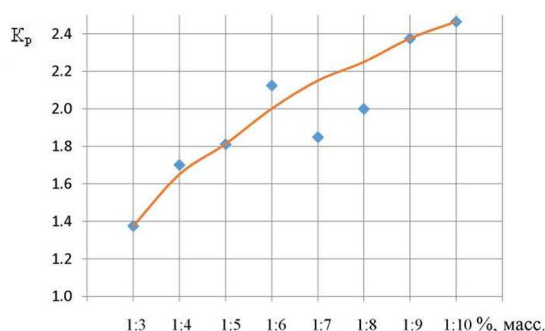


Рис. 3 – Зависимость коэффициента растекаемости от гидромодуля для исходного состава, $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Как видно из рисунка 3, с увеличением гидромодуля при приготовлении альгинатного геля коэффициент растекаемости (K_p) также возрастает от 1,375 до 2,465, следовательно, смесь остается дольше технологичной.

Результаты исследования влияния м.д. CaSO_4 на K_p альгинатного геля представлены на рисунке 4.

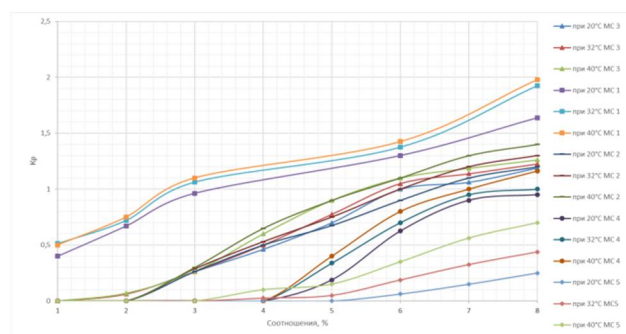


Рис. 4 – Влияние массовой доли CaSO_4 , гидромодуля и температуры на коэффициент растекаемости альгинатного геля

Из данных, представленных на рисунке 4, следует, что при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$, гидромодуле 1:3 с увеличением м.д. CaSO_4 от 3 до 5 % K_p МСАГ уменьшается с 0,48 до 0, следовательно, при м.д.

CaSO₄ от 5 до 8 % массы не технологичны. При гидромодуле 1:10 с увеличением м.д. CaSO₄ от 3 до 8 % K_p МСАГ уменьшается с 1,6 до 0,25.

С увеличением температуры с 20 до 40 °С K_p МСАГ увеличивается: например, при гидромодуле 1:3, м.д. CaSO₄ 3 % K_p МСАГ увеличивается незначительно – с 0,4 до 0,5; а при гидромодуле 1:10 K_p МСАГ увеличивается с 1,6 до 2,0.

Результаты исследования влияния м.д. пирофосфата натрия на K_p альгинатных гелей представлены на рисунке 5.

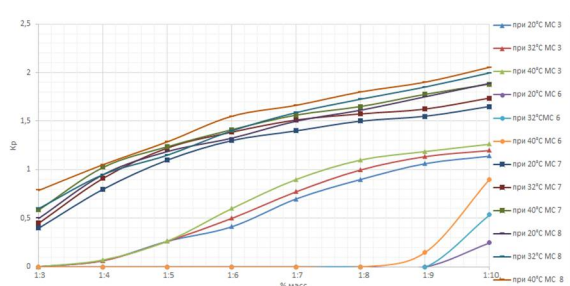


Рис. 5 – Влияние массовой доли пирофосфата натрия, гидромодуля и температуры на коэффициент растекаемости альгинатных гелей

Из данных, представленных на рисунке 5, следует, что при температуре 20 °С, гидромодуле 1:3, м.д. пирофосфата натрия 1 % K_p МСАГ равен нулю, т.е. масса не технологична, с увеличением м.д. пирофосфата натрия от 2 до 3 % K_p МСАГ увеличивается с 0,4 до 0,5, следовательно, при м.д. пирофосфата натрия от 2 до 3 % массы технологичны. При гидромодуле 1:10 с увеличением м.д. пирофосфата натрия от 1 до 3 % K_p МСАГ увеличивается с 0,25 до 1,9.

С увеличением температуры с 20 до 40 °С K_p МСАГ увеличивается: например, при гидромодуле 1:3, м.д. Na₄P₂O₇ 1 % K_p МСАГ равен нулю, т.е. масса не технологична; при м.д. Na₄P₂O₇ 2 % K_p МСАГ увеличивается с 0,4 до 0,6; а при м.д. Na₄P₂O₇ 3 % K_p МСАГ увеличивается с 0,5 до 0,8. При гидромодуле 1:10, м.д. Na₄P₂O₇ 1 % K_p МСАГ увеличивается с 0,25 до 0,9, а при м.д. Na₄P₂O₇ 3 % K_p МСАГ увеличивается с 1,9 до 2,1.

Влияние гидромодуля, состава и температуры на время отверждения альгинатных гелей.

Опыты проводили в следующих соотношениях альгинатного геля к дистиллированной воде (гидромодуль) 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10. Температура смешения составов 20 °С. Температура испытаний: 20, 32, 40 °С.

Результаты исследования влияния температуры и гидромодуля на время отверждения исходного состава альгинатного геля представлены на рисунке 6.

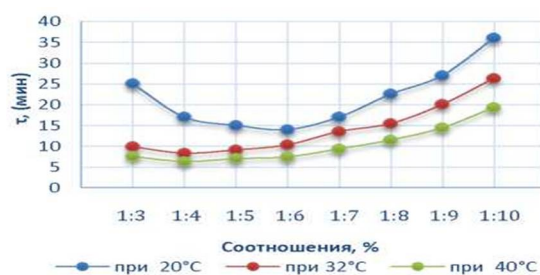


Рис. 6 – Динамика времени отверждения смеси альгинатного геля с дистиллированной водой от температуры для исходного состава, гидромодуль от 1:3 до 1:10 [7]

Из данных, представленных на рисунке 6, следует, что с ростом температуры время отверждения альгинатных композиций убывает и при температуре 20 °С живучесть состава максимальна во всем диапазоне разбавлений.

Влияние м.д. CaSO₄ и температуры на время отверждения альгинатного геля приведены на рисунке 7.

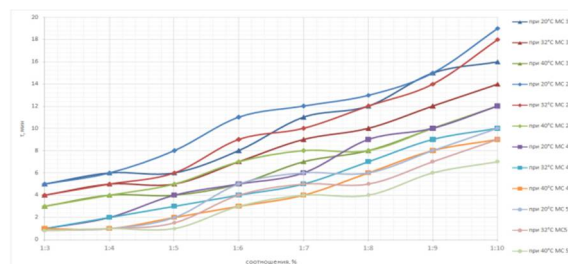


Рис. 7 – Влияние массовой доли сульфата кальция и температуры на время отверждения альгинатного геля (модельные составы 2, 3, 4, 5, гидромодуль: от 1:3 до 1:10, температура термостатирования: 20, 32, 40 °С)

Из данных, представленных на рисунке 7, следует, что, изменяя массовую долю CaSO₄, можно регулировать процесс гелеобразования.

При температуре 20 °С, гидромодуле 1:3, м.д. CaSO₄ 3 % недостаточно для полного отверждения образцов, т.е. состав не пригоден для применения. При гидромодуле 1:3, м.д. CaSO₄ 5 % время отверждения модельного состава альгинатного геля равно 5 мин., с увеличением м.д. CaSO₄ до 8 % время отверждения модельного состава альгинатного геля уменьшается до 50 с, следовательно, массы при м.д. сульфата кальция с 7 до 8 % не пригодны для применения. При гидромодуле 1:10 с увеличением м.д. CaSO₄ от 5 до 8 % время отверждения модельных составов альгинатных гелей уменьшается с 19 до 10 мин.

С увеличением температуры с 20 до 40 °С время отверждения МСАГ уменьшается: например, при гидромодуле 1:3, м.д. сульфата кальция 5 % время отверждения МСАГ уменьшается с 5 до 3 мин; а при массовой доле CaSO₄ 8 % время отверждения МСАГ уменьшается с 50 с до 45 с. При гидромодуле 1:10, м.д. сульфата кальция 5 % время отверждения МСАГ

уменьшается с 19 мин до 12 мин, а при м.д. CaSO_4 8 % время отверждения МСАГ уменьшается с 10 мин до 7 мин.

Также, при проведении экспериментов было обнаружено, что при гидромодуле от 1:9 до 1:10 наблюдается тиксотропия (выделяется вода).

Таким образом, модельные составы альгинатного геля с массовой долей CaSO_4 от 5 до 6,5 % пригодны для применения.

Влияние м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ и температуры на время отверждения альгинатного геля представлено на рисунке 8.

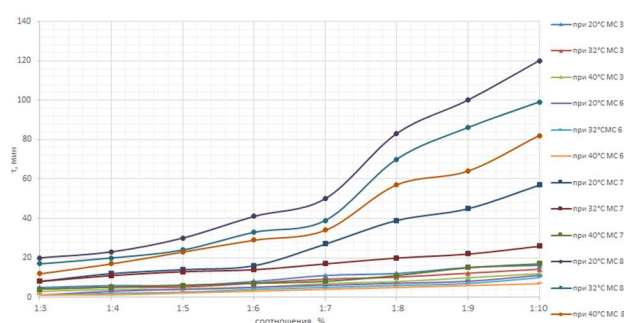


Рис. 8 – Влияние массовой доли $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ и температуры на время отверждения альгинатного геля (модельные составы 2, 6, 7, 8, гидромодуль: от 1:3 до 1:10, температура термостатирования: 20, 32, 40 °C)

Из данных, представленных на рисунке 8, следует, что, изменяя массовую долю $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, можно регулировать процесс гелеобразования за счет комплексообразования свободных ионов кальция.

При температуре 20 °C, гидромодулях 1:3 и 1:10, м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 1 % происходит слишком быстрое полное отверждение образцов (1 мин), т.е. состав не пригоден для применения. При гидромодуле 1:3, м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 1,5 % время отверждения МСАГ равно 5 мин., с увеличением м.д. пирогосфата натрия до 3 % время отверждения МСАГ увеличивается до 20 мин, следовательно, массы при массовой доле $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ с 1,5 до 3 % пригодны для применения. При гидромодуле 1:10 с увеличением м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ от 1 до 3 % время отверждения МСАГ увеличивается с 11 до 120 мин.

С увеличением температуры с 20 до 40 °C время отверждения МСАГ уменьшается: например, при гидромодуле 1:3, м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 1 % время отверждения МСАГ уменьшается с 1 мин до 50 с, при м.д. пирогосфата натрия 1,5 % время отверждения МСАГ уменьшается с 16 мин. до 12 мин., при м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 3 % время отверждения МСАГ уменьшается с 20 мин до 12 мин. При гидромодуле 1:10, м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 1 % время отверждения МСАГ уменьшается с 11 мин до 7 мин, а при м.д. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 3 % время отверждения МСАГ уменьшается с 120 мин до 82 мин.

Также, при проведении экспериментов было обнаружено, что при введении дистиллированной воды в исследуемые составы в соотношениях от 1:9

до 1:10 происходит тиксотропия (межфазное расслоение с выделением воды).

Таким образом, МСАГ с массовой долей $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ от 1,5 до 3 % пригодны для применения.

Требуется дальнейшего исследования влияния рецептурного состава на прочностные характеристики образовавшихся продуктов.

ВЫВОДЫ

Таким образом, для системы каолин - альгинат натрия - сульфат кальция - пирогосфат натрия для формирования альгинатного геля целесообразно использовать сульфат кальция с массовой долей от 5 до 6,5, а пирогосфат натрия с массовой долей от 1,5 до 3 % при гидромодуле 1 к 3 и температуре воды 20 °C.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Kakita H., Kamishima H. Some properties of alginate gels derived from algal sodium alginate. In: Borowitzka M.A., Critchley A.T., Kraan S., Peters A., Sjøtun K., Notoya M. (eds) Nineteenth International Seaweed Symposium. Developments in Applied Phycology, vol. 2. Springer, Dordrecht. 2008, P.93-99 https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9619-8_13
- Guarino V., et al. Alginate Processing Routes to Fabricate Bioinspired Platforms for Tissue Engineering and Drug Delivery. In: Rehm B., Moradali M. (eds) Alginates and Their Biomedical Applications. Springer Series in Biomaterials Science and Engineering, vol. 11. Springer, Singapore. 2018, p.101-120. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6910-9_4
- Erkesh, O.B., Turar, N.A. & Rinat, M.I. Modified Microparticles of Calcium Alginate Gel for Controlled Release of Anesthetics. *MRS Online Proceedings Library* **1060**, 307 (2007). <https://doi.org/10.1557/PROC-1060-LL03-07>
- Bhushan J., Grover V. Additive Manufacturing: Current Concepts, Methods, and Applications in Oral Health Care. In: Prakash C. et al. (eds) Biomanufacturing. Springer, Cham. vol. 24, p. 4337 (2019) https://doi.org/10.1007/978-3-030-13951-3_5
- Верещагин А.Л., Морозова Е.А. Химия и технология наполненных гидрогелей для создания альгинатных косметических масок (обзор) // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 5. – С. 12-31.
- Composition of modeling masks [Electronic resource] Access mode: <http://mitomo.rf/index.php/o-maskakh>.
- Gelation in the system sodium alginate - calcium sulfate - sodium pyrophosphate with an inert filler and the properties of the resulting hydrogels / A.L. Vereshchagin [et al.] // South Siberian Scientific Bulletin. - 2020. - No. 3. - P. 9-17. [Electronic resource] Access mode: <http://s-sibsb.ru/issues/96-2020-issues/issue-31/836-2>. DOI: 10.25699 / SSSB.2020.21.3.002.
- Mitchell, J.R., Blanshard, J.M.V. Viscoelastic behaviour of alginate gels. *Rheol Acta* **13**, 180-184 (1974). <https://doi.org/10.1007/BF01520873>.
- Donati, I. Material Properties of Alginates. / Paoletti S., Rehm B. (eds) Alginates: Biology and Applications. Microbiology Monographs, vol. 13. Springer, Berlin, Heidelberg., 2019, 1-53 DOI https://doi.org/10.1007/978-3-540-92679-5_1.
- Ю. А. Щипунов, Е. Л. Конева, и И. В. Постнова. "Гомогенные альгинатные гели: фазовое поведение и реологические свойства" Высокомолекулярные соединения. Серия А, vol. 44, no. 7, pp. 1201-1211 (2002).
- Большакова Л.С., Литвинова Е.В., Жмурина Н.Д., Бурцева Е.И. Влияние различных технологических факторов на реологические характеристики альгинатных гелей // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.; С.148. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8024> (дата обращения: 26.03.2021).

Верещагин Александр Леонидович – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. +79050834397, e-mail: val@bti.secna.ru.

Кукарина Елена Анатольевна, к.т.н., зам. декана инженерного специального факультета, заведующая кафедрой химической технологии энергонасыщенных материалов и изделий, Бийский

технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. +79059820379, e-mail: kea@bti.secna.ru

Грешных Екатерина Валерьевна студентка кафедры химической технологии энергонасыщенных материалов и изделий, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. +79059820379, e-mail: kea@bti.secna.ru

GEL FORMATION IN THE KAOLIN SYSTEM - SODIUM ALGINATE - CALCIUM SULFATE - SODIUM PYROPHOSPHATE

A.L. Vereshchagin, E.A. Kukarina, E.V. Greshnych

Biysk Technological Institute (branch) of the Altai Technical University named after I.I. Polzunova, Biysk, Russia

The results of studies of changes occurring during the formation of filled alginate gels during internal diffusion gelation are presented. The study was carried out for systems consisting of kaolin and sodium alginate with a curing system of calcium sulfate and sodium pyrophosphate. It has been established that the use of rheological research methods makes it possible to obtain data on the quality indicators of alginate gels and their composition, and the mechanism of gelation. It was found that for the system kaolin-sodium alginate-calcium sulfate-sodium pyrophosphate when forming an alginate gel, it is advisable to use calcium sulfate with a mass fraction of 5 to 6.5, and sodium pyrophosphate with a mass fraction of 1.5 to 3% at a hydromodule 1 to 3 and a water temperature of 20 °C. This data can be used in the development of the formulation of alginate masks and the preparation of regulatory technical documentation.

Key words: sodium alginate, kaolin, rheology, alginate gels, calcium sulfate, sodium pyrophosphate

REFERENCES

1. Kakita H., Kamishima H. Some properties of alginate gels derived from algal sodium alginate. In: Borowitzka M. A., Critchley A. T., Kraan S., Peters A., Sjøtun K., Notoya M. (eds) Nineteenth International Seaweed Symposium. Developments in Applied Phycology, vol 2. Springer, Dordrecht. 2008, P.93-99 https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9619-8_13
2. Guarino V., et al. Alginate Processing Routes to Fabricate Bioinspired Platforms for Tissue Engineering and Drug Delivery. In: Rehm B., Moradali M. (eds) Alginates and Their Biomedical Applications. Springer Series in Biomaterials Science and Engineering, vol 11. Springer, Singapore. 2018, P. 101-120. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6910-9_4
3. Erkesh, O.B., Turar, N.A. & Rinat, M.I. Modified Microparticles of Calcium Alginate Gel for Controlled Release of Anesthetics. *MRS Online Proceedings Library* 1060, 307 (2007). <https://doi.org/10.1557/PROC-1060-LL03-07>
4. Bhushan J., Grover V. Additive Manufacturing: Current Concepts, Methods, and Applications in Oral Health Care. In: Prakash C. et al. (eds) *Biomanufacturing*. Springer, Cham. vol. 24, p. 4337 (2019) https://doi.org/10.1007/978-3-030-13951-3_5
5. Vereshchagin A.L., Morozova E.A. Chemistry and technology of filled hydrogels for the creation of alginate cosmetic masks (review) // *South Siberian Scientific Bulletin*. - 2020. - No. 5. - P. 12-31.
6. Composition of modeling masks [Electronic resource] Access mode: <http://mitomo.rf/index.php/o-maskakh>.
7. Gelation in the system sodium alginate - calcium sulfate - sodium pyrophosphate with an inert filler and the properties of the resulting hydrogels / A.L. Vereshchagin [et al.] // *South Siberian Scientific Bulletin*. - 2020. - No. 3. - P. 9-17. [Electronic resource] Access mode: <http://s-sibsb.ru/issues/96-2020-issues/issue-31/836-2>. DOI: 10.25699 / SSSB.2020.21.3.002.
8. Mitchell, J.R., Blanshard, J.M.V. Viscoelastic behavior of alginate gels. *Rheol Acta* 13, P.180-184 (1974). <https://doi.org/10.1007/BF01520873>.
9. Donati, I. Material Properties of Alginates. / Paoletti S., Rehm B. (eds) *Alginates: Biology and Applications*. Microbiology Monographs, vol 13. Springer, Berlin, Heidelberg., 2019, 1-53 DOI https://doi.org/10.1007/978-3-540-92679-5_1.
10. Shchipunov, Yu.A. Koneva E. L., Postnova I. V. Homogeneous alginate gels: phase behavior and rheological properties *High molecular weight compounds. Serie A*, vol. 44, no. 7, P. 1201-1211 (2002).
11. Bolshakova L.S., Litvinova E.V., Zhmurina N.D., Burtseva E.I. Influence of various technological factors on the rheological characteristics of alginate gels // *Modern problems of science and education*. - 2012. - No. 6 ; P.148. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8024> (date of access: 03/26/2021).

Vereshchagin Alexander Leonidovich - Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk Technological Institute/. +79050834397, e-mail: val@bti.secna.ru.

Kukarina Elena Anatolievna, Ph.D., deputy. Dean of the Special Engineering Faculty, Associate Professor of the Department of Chemical Technology of Energy-Saturated Materials and Products, Biysk Technological Institute, tel. +79059820379, e-mail: kea@bti.secna.ru

Greshnych Ekaterina Valerievna student of the Department of Chemical Technology of energy-saturated materials and products, Biysk Technological Institute. tel. +79059820379, e-mail: kea@bti.secna.ru