

Т.С. Жылқыбаев – "Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы" кафедрасының докторанты, оқытушысы; Қазақстан Республикасы; E-mail: zhitosya@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8918-527X.

Д.Т. Қонысбек – "Облыстық инновациялық-әдістемелік орталық" КММ әдіскері; Қазақстан Республикасы; e-mail: dkonysbek74@mail.ru.

Сведения об авторах

Б.К. Макеев – преподаватель специальных дисциплин КГКП «Колледж радиотехники и связи»; Республика Казахстан; e-mail: jazdan16@mail.ru.

Д.Т. Беккасимова – педагог дополнительного образования КГУ «Центр научно-практического образования и туризма»; Республика Казахстан; e-mail: beccasimova@mail.ru.

Т.С. Жылқыбаев – докторант, преподаватель, кафедры «Автоматизация, информационные технологий и градостроительства»; Республика Казахстан; e-mail: zhitosya@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8918-527X

Д.Т. Қонысбек – методист КГУ «Областной инновационно-методический центр»; Республика Казахстан; e-mail: dkonysbek74@mail.ru

Information about the authors

B. Makeyev – teacher of special disciplines USSK "College of Radio Engineering and Communications"; Republic of Kazakhstan; e-mail: jazdan16@mail.ru.

D. Bekkasimova – teacher of additional education, MSI "Center for scientific and practical education and tourism", lecturer of the Department "Automation, Information Technologies and Urban Planning"; Republic of Kazakhstan; e-mail: beccasimova@mail.ru.

T.S. Zhylkybaev – doctoral student, teacher, department «Automation, Information Technologies and Urban Planning»; Республика Казахстан; e-mail: zhitosya@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8918-527X.

D. Konysbek – methodist MSI "Regional Innovation and Methodological Center"; Republic of Kazakhstan; e-mail: jdkonysbek74@mail.ru.

DOI: 10.53360/2788-7995-2022-4(8)-7

МРНТИ: 31.25.15

Г.А. Сатыбалдинова*, Л.К. Оразжанова, З.Х. Арипжанова, А.Н. Кливенко

Университет имени Шакарима города Семей
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: satybaldinovag@inbox.ru

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА КРИОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕЛЛАНА

Аннотация: Криогель – это разновидность криогенного полимерного материала, который состоит из трехмерных гибких полимерных структур, полученных методом замораживания-оттаивания. В данной работе методом иотропного гелеобразования в присутствии NaCl и CaCl₂ получены криогели на основе природного полимера геллана. Исследованы свойства полученных криогелей – морфологические характеристики, кинетика набухания, механические свойства и структура гелей. Показатели сканирующей электронной микроскопии демонстрируют пористую матрицу, с системой сообщающихся пор. Наблюдается увеличение количества пор с ростом концентрации геллана. Определены средние диаметры пор криогелей. Рассчитана степень набухания криогелевых образцов. Более высокие значения степени набухания 18,2 и 19,4 г/г наблюдаются у криогелей, полученных при более высокой концентрации геллана –2 %. Результаты исследования механической прочности криогелей показывают увеличение Модуля Юнга с ростом концентрации геллана, а также отсутствие разрушения даже при достижении 99% степени сжатия образцов. Механические свойства криогелей являются одним из преимуществ данного типа материалов, так как они обладают свойством многократно и обратимо испытывать внешнее механическое

воздействие. Химическая структура синтезированных криогелей на основе геллана доказана методом ИК-Фурье спектроскопии. В ИК-спектрах криогелевых образцов обнаружены характеристические пики деформационных и валентных колебаний функциональных групп, которые входят в состав геллана.

Ключевые слова: биополимер, криогель, гидрогель, геллан, гелеобразование.

Введение

В последние десятилетия пристальное внимание в химии полимеров вызывают криогели на основе природных полимеров. Поскольку природные полимеры являются биосовместимыми, нетоксичными, биоразлагаемыми веществами, они широко используются в таких отраслях как биомедицинская, тканевая инженерия, регенеративная медицина и т.д. [1].

Криогели образуются в результате криогенной обработки низкомолекулярных или высокомолекулярных предшественников и коллоидных систем. Главным условием формирования криогелей является кристаллизация основной части низкомолекулярной жидкости, которая присутствует в первоначальной системе [2].

В основном криогели синтезируются при температуре от -5 до -20 °С. Раствор, который содержит гелевые предшественники (мономеры, сшивающие вещества, инициаторы) замораживают. Процесс заморозки приводит к образованию незамерзшей жидкой микрофазы и кристаллов растворителя. В результате образуется полный замороженный каркас из взаимосвязанных кристаллов льда. После оттаивания получается матрица, содержащая непрерывную взаимосвязанную макропористую полимерную сетку [3]. При каждой следующей повторной заморозке связи в этой матрице становятся прочнее. Форма и размер кристаллов льда определяют форму и размер образующихся пор [3-6].

Одним из перспективных полимеров для получения криогелей является геллан.

Геллан представляет собой внеклеточный бактериальный полисахарид. Структурно он состоит из тетрасахаридов, из двух β -D-глюкозы, один β -D-глюкуронат и одной α -L-рамнозы [7]. Геллан является термочувствительным, нетоксичным, пластичным и обладает способностью выдерживать тепловое и кислотное воздействие в процессе изготовления материала. Еще одним преимуществом геллана является его дешевизна и доступность [8].

Целью данной работы является разработка методов синтеза криогелей на основе геллана и изучение их физико-химических свойств.

Экспериментальная часть

Материалы и методы исследования

1. Геллан с молекулярной массой 700 000, производства Zhejiang DSM Zhongken Biotechnology Co., Ltd. (China) использовали без дополнительной очистки (рис. 1)

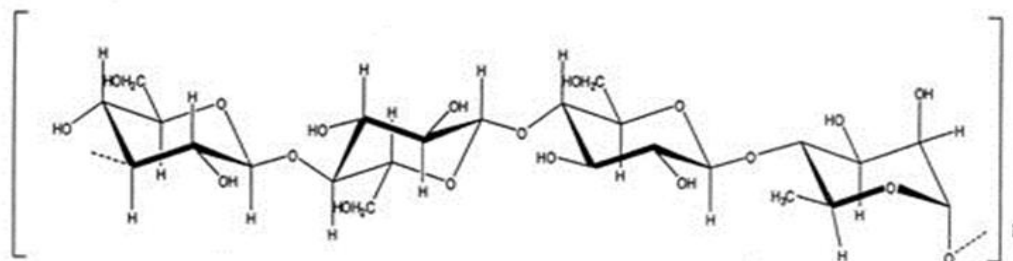


Рисунок 1

2. NaCl чда использовали без дополнительной очистки
3. CaCl₂ чда использовали без дополнительной очистки

Синтез криогелей

Синтез криогелей осуществляли методом иотропного гелеобразования. [9] Водные растворы геллана с концентрациями 1%, 1,5%, 2% нагревали на водяной бане при температуре 80°C в течение 30 мин, затем добавляли по 1 мл 0,1М раствора NaCl в качестве гелеобразователя. Полученную смесь замораживали при температуре -12°C в течение 20 мин, после чего подвергали разморозке при комнатной температуре. Процедуру замораживания-оттаивания повторяли 10 раз. Сформировавшиеся криогели разрезали на

тонкие пластинки толщиной в 2-3 мм и высушивали до постоянной массы с помощью лиофильной сушилки JED-320 (JEOL, Япония). Полученные образцы использовали для дальнейших исследований.

Синтез криогелей с использованием CaCl_2 , в качестве гелеобразователя, проводили аналогично.

Кинетика набухания

Образец криогеля, взвешенный на аналитических весах, помещали в стакан с водой и определяли массу образца через 5, 10, 15 и 30 секунд. Степень набухания криогеля определяли по формуле:

$$\alpha = \frac{m_t - m_0}{m_0}$$

где m_t – масса криогеля после набухания, мг; m_0 – первоначальная масса геля, мг.

Определение морфологии криогелей

Пористость криогелей изучали с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на приборе JSM-6390 LV (Япония). Перед исследованием структуры криогелей на поверхность образца проводили напыление электропроводящей пленки из меди с помощью напыляющей установки JEE – 420 (JEOL, Япония)

Площадь пор криогелей рассчитывали путем обработки микрофотографий с помощью программы ImageJ (разработчик National Institutes of Health, США) с открытым исходным кодом, которая предназначена для анализа и обработки изображений.

Определение механических свойств

Механические свойства криогелей исследовали с помощью **Анализатора текстуры/механических свойств TA.XT plus Stable Micro Systems (Англия)**. Образец криогеля цилиндрической формы, высотой около 3 мм устанавливали на столике прибора и сжимали насадкой P/10 (площадь контакта 78 мм, диаметр 10 мм) со скоростью 0,1 мм/сек. Модуль Юнга определяли по тангенсу угла наклона касательной к начальному отрезку кривой зависимости приложенного давления от степени сжатия [10].

ИК-спектры криогелей снимали на ИК-Фурье спектрометр Carry 660 Agilent (США).

Результаты и обсуждения

На рисунке 2 представлены фотографии криогеля

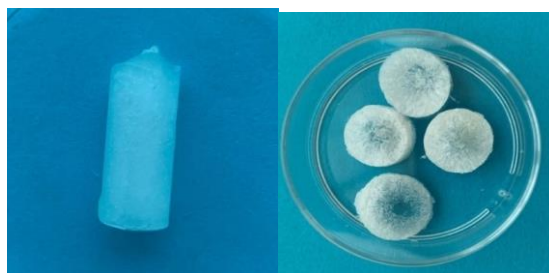


Рисунок 2 – Криогель на основе геллана

Химическая структура криогелей была подтверждена методом ИК-Фурье спектроскопии (рис. 3).

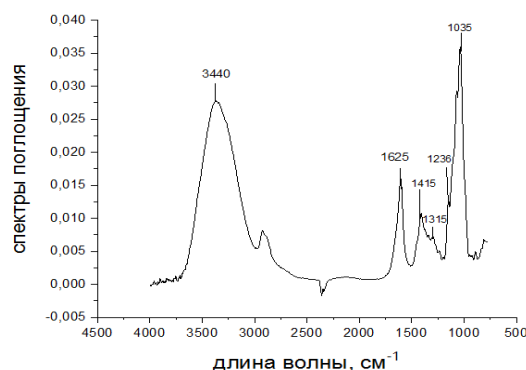


Рисунок 3 – ИК-спектры криогеля геллана

В ИК-спектрах криогелевых образцов обнаружены характеристические пики функциональных групп, которые входят в состав геллана. На ИК-спектрах имеются следующие полосы поглощения: $\delta(\text{CH}_3\text{-CO-}) = 1317\text{см}^{-1}$, $\nu(\text{O-H}) = 1415\text{см}^{-1}$, $\delta(\text{C-O}) = 1236\text{см}^{-1}$, $\nu(\text{COO}^-) = 1625\text{см}^{-1}$ соответствующие гидроксильной и карбоксильной группам

Таблица 1 – Расшифровка ИК-спектров

Функциональные группы	Полосы поглощения по литературному источнику [11], см^{-1}	Полосы поглощения на спектре криогеля геллана, см^{-1}
Водородные связи O-H	3650-3200	3440
Карбоксилат-анион COO^-	1650-1550	1625
O-H	1440-1395	1415
$\text{CH}_3\text{-CO-}$	1360-1355	1317
C-O	1320-1210	1236
Первичные спирты	1075-1000	1039

Была изучена морфологическая характеристика криогелей. На рисунке 4 представлены СЭМ изображения криогелей геллана. Как видно из рисунка, криогели представляют собой макропористую систему, с сообщающимися порами. Наблюдается увеличение количества пор с ростом концентраций геллана.

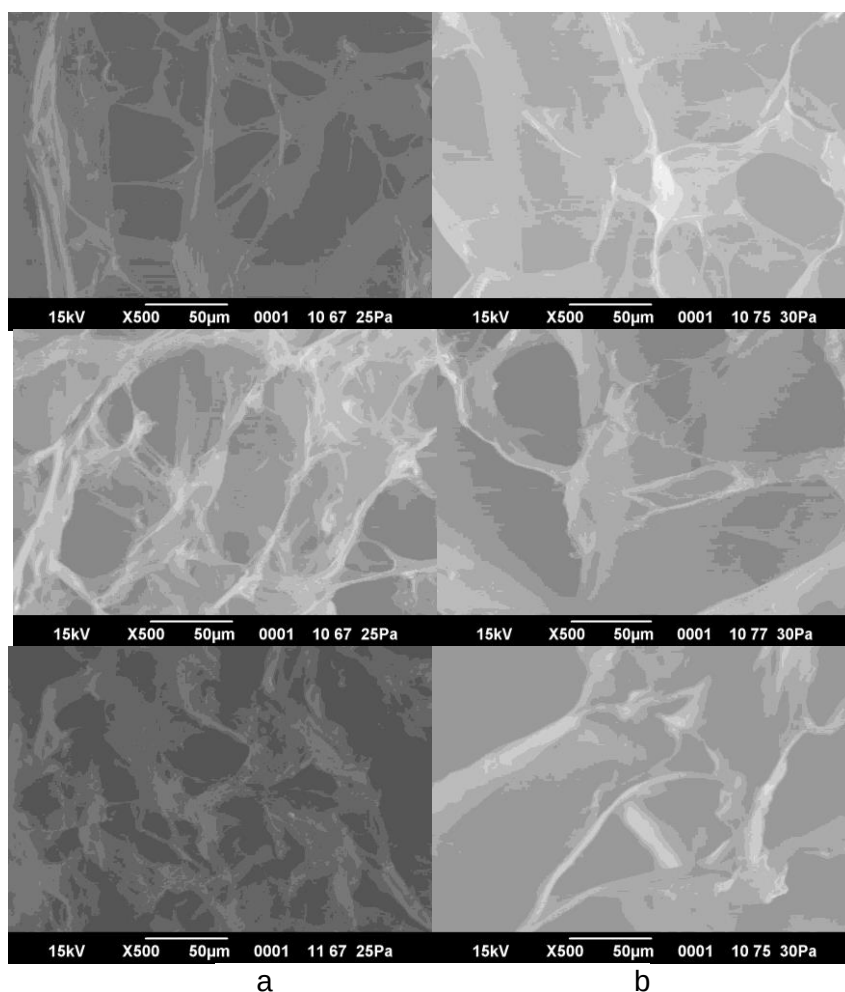


Рисунок 4 – СЭМ-изображения криогелей на основе геллана

Представив, что каждая пора является окружностью, нами были рассчитаны среднее значение диаметров пор и их распределение по размерам.

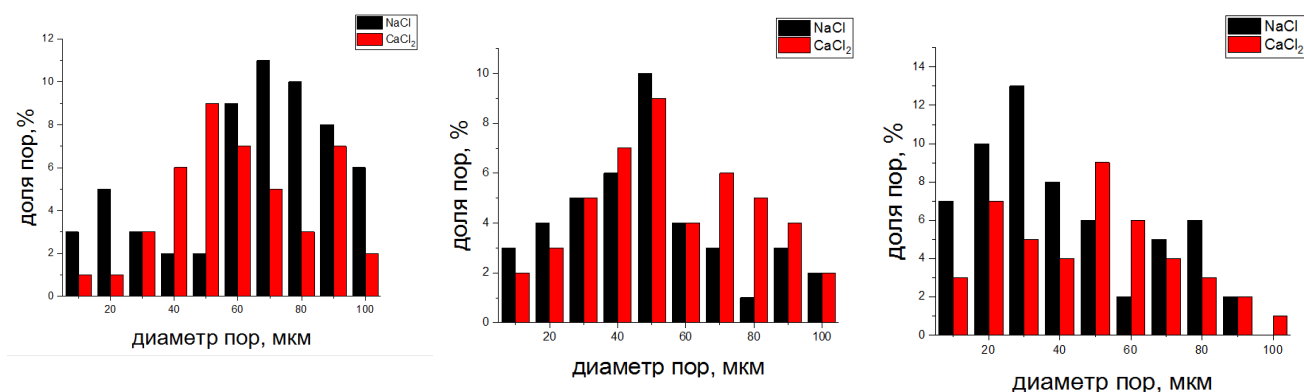


Рисунок 5 – Распределение пор криогелей на основе желлана по размерам:
1 – 1% желлан, 2 – 1,5% желлан, 3 – 2% желлан

Как видно из рисунка 5, у криогелей желлана при использовании в качестве гелеобразователя NaCl, наблюдается рост количества пор с маленьким диаметром. Добавление CaCl_2 как гелеобразователя приводит к уменьшению количества пор маленького диаметра. Значения средних размеров пор криогелей указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Значения средних размеров пор

Концентрация желлана, %	Средний размер пор криогелей	
	NaCl	CaCl_2
1	68,7	69,7
1,5	48,8	63,6
2	36,9	49,7

Была исследована кинетика набухания криогеля (рис. 6). Как видно из рисунка, при погружении криогеля желлана в воду, значения степени набухания α сначала увеличиваются до 19,4 г/г, затем с течением времени постепенно снижаются до 13,8 г/г. Это можно объяснить тем, что происходит процесс растворения криогеля. Большие значения степени набухания свидетельствуют о воздействии ионогенной составляющей желлана на данный процесс, т.е. добавление дополнительного количества воды, в систему набухшего желлана приводит к диссоциации карбоксильных групп желлана. Стоит отметить, что более высокие значения степени набухания 18,2 и 19,4 г/г наблюдаются у криогелей, полученных при более высокой концентрации желлана – 2 %

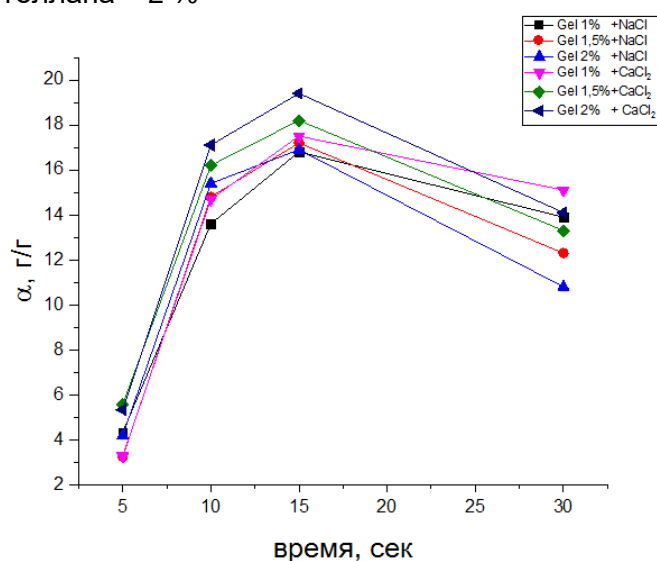


Рисунок – 6 Зависимость степени набухания криогелей на основе желлана от времени

Механические свойства криогелей являются одним из преимуществ данного типа материалов, т.к. они обладают свойством многократно и обратимо испытывать внешнее механическое воздействие.

Для каждого криогелевого образца был рассчитан механический предел прочности на сжатие с учетом максимально приложенной нагрузки, при которой происходил процесс разрушения криогеля. Максимальная нагрузка при сжатии криогелей составила 10 кг. На рисунке 6 представлен механический анализ криогелей геллана.

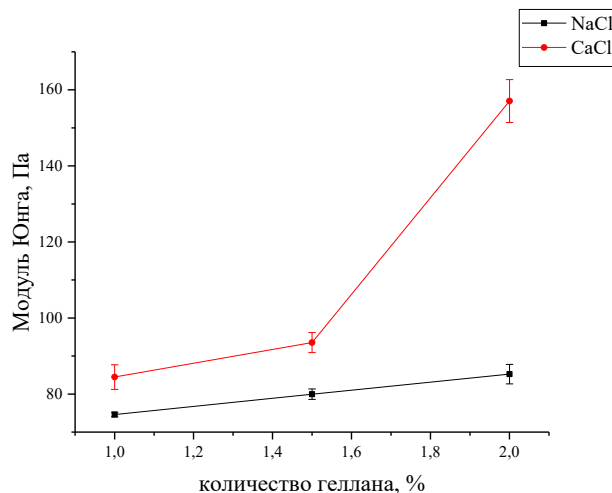


Рисунок 7 – Зависимость модуля Юнга криогелей от количества геллана

Как видно из рисунка 7 значения модуля Юнга для криогелей с NaCl линейно зависят от количества геллана. Для криогелей геллана с использованием CaCl₂ линейной зависимости не наблюдается. Результаты определения механической прочности криогелей показали отсутствие разрушения даже при достижении 99% степени сжатия образцов.

Заключение

1. Методом ионотропного гелеобразования получены криогели на основе природного полимера геллана. Химическая структура криогелей доказана методом ИК-Фурье спектроскопии
2. Исследована морфологическая структура полученных криогелей. Определены средние диаметры пор криогелей геллана. Результаты показали, что данные криогели имеют пористую структуру с системой сообщающихся пор. Средний диаметр пор криогелей геллана с использованием NaCl в качестве гелеобразователя равен 68,7, 48,7 и 36,9 мкм. Средний диаметр пор криогелей геллана с использованием CaCl₂ равен 69,7, 63,6 и 49,7 мкм.
3. Результаты исследования механической прочности криогелей показывают значительную прочность синтезированного криогеля. Полученные результаты представляют интерес для дальнейшего изучения свойств криогелей природных полимеров.

Список литературы

1. Ertürk G., Mattiasson B. Cryogels-versatile tools in bioseparation. – J. Chromatography A 1357, 2014. – 24-35.
2. Okay O., Lozinsky V.I. Synthesis and Structure-Property Relationships of Cryogels – Advances in Polymer Science 263. – 2014. – 103-153.
3. Plieva F.M., Oknianska A., Degerman E., Galaev I.Y., Mattiasson B. Novel supermacroporous dextran gels. – J. Biomater. Sci., Polym. Ed. 17. – 2006. – 1075-1092.
4. Arvidsson P., Plieva F.M., Lozinsky V.I., Galaev I.Y., Mattiasson B. Direct chromatographic capture of enzyme from crude homogenate using immobilized metal affinity chromatography on a continuous supermacroporous adsorbent. / J. Chromatography A 986. – 2003. – 275.

5. Lozinsky V.I., Vainerman E.S., Korotaeva G.F., Rogozhin S.V., Study of cryostructurization of polymer systems – III. Cryostructurization in organic media / *Colloid Polym.Sci.* 262. – 1984. – 617-622.
6. Lozinsky V.I., Vainerman E.S., Ivanova S.A., Titova E.F., Shtil'man M.I., Belavtseva E.M., Rogozhin S.V., Study of cryostructurization of polymer systems. / VI. The influence of the process temperature on the dynamics of formation and structure of cross-linked polyacrylamide cryogels, *ActaPolym.* 37, 1986. – 142-146.
7. Tanaka Sh. and Nishinari K. Unassociated Molecular Chains in Physically Crosslinked Gellan Gels. / *Polymer Journal.* – Vol. 39. – 2007. – 397-403.
8. Muthukumar Th, Song J. E. and Khang G. Biological Role of Gellan Gum in Improving Scaffold Drug Delivery, Cell Adhesion Properties for Tissue Engineering Applications / *Molecules*, 4514, 2019. – 1-22.
9. de Souza F.S., de Mello Ferreira I.L., da Silva Costa M.A., de Lima A.L.F., da Costa M.P.M. Evaluation of different methods to prepare superabsorbent hydrogels based on deacetylated gellan / *Carbohydrate Polymers* 148. – 2016. – 309-317.
10. Kudaibergenov S.E., Tatykhanova G.S., Klivenko A.N. Complexation of macroporous amphoteric cryogels based on N,N-dimethylaminoethyl methacrylate and methacrylic acid with dyes, surfactant, and protein / *Journal of applied polymer science.* – Vol. 133. – № 3. – 2016. – 1-9.
11. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы / М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра органической химии. – 2012. – 55.

References

1. Ertürk G., Mattiasson B. Cryogels-versatile tools in bioseparation. – *J. Chromatography A* 1357, 2014. – 24-35 (In English).
2. Okay O., Lozinsky V.I. Synthesis and Structure-Property Relationships of Cryogels – *Advances in Polymer Science* 263. – 2014. – 103-153 (In English).
3. Plieva F.M., Oknianska A., Degerman E., Galaev I.Y., Mattiasson B. Novel supermacroporous dextran gels. – *J. Biomater. Sci., Polym. Ed.* 17. – 2006. – 1075-1092 (In English).
4. Arvidsson P., Plieva F.M., Lozinsky V.I., Galaev I.Y., Mattiasson B. Direct chromatographic capture of enzyme from crude homogenate using immobilized metal affinity chromatography on a continuous supermacroporous adsorbent. / *J. Chromatography A* 986. – 2003. – 275 (In English).
5. Lozinsky V.I., Vainerman E.S., Korotaeva G.F., Rogozhin S.V., Study of cryostructurization of polymer systems – III. Cryostructurization in organic media / *Colloid Polym.Sci.* 262. – 1984. – 617-622 (In English).
6. Lozinsky V.I., Vainerman E.S., Ivanova S.A., Titova E.F., Shtil'man M.I., Belavtseva E.M., Rogozhin S. V., Study of cryostructurization of polymer systems. / VI. The influence of the process temperature on the dynamics of formation and structure of cross-linked polyacrylamide cryogels, *ActaPolym.* 37, 1986. – 142-146 (In English).
7. Tanaka Sh. and Nishinari K. Unassociated Molecular Chains in Physically Crosslinked Gellan Gels. / *Polymer Journal.* – Vol. 39. – 2007. – 397-403 (In English).
8. Muthukumar Th, Song J. E. and Khang G. Biological Role of Gellan Gum in Improving Scaffold Drug Delivery, Cell Adhesion Properties for Tissue Engineering Applications / *Molecules*, 4514, 2019. – 1-22 (In English).
9. de Souza F.S., de Mello Ferreira I.L., da Silva Costa M.A., de Lima A.L.F., da Costa M.P.M. Evaluation of different methods to prepare superabsorbent hydrogels based on deacetylated gellan / *Carbohydrate Polymers* 148. – 2016. – 309-317 (In English).
10. Kudaibergenov S.E., Tatykhanova G.S., Klivenko A.N. Complexation of macroporous amphoteric cryogels based on N,N-dimethylaminoethyl methacrylate and methacrylic acid with dyes, surfactant, and protein / *Journal of applied polymer science.* – Vol. 133. – № 3. – 2016. – 1-9 (In English).
11. Tarasevich B.N. IR spectra of the main classes of organic compounds. Reference materials / Moscow: Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry, Department of Organic Chemistry. – 2012. – 55 (In Russian).

Г.А. Сатыбалдинова*, Л.К. Оразжанова, З.Х. Арипжанова, А.Н. Кливенко

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20а

*e-mail: satybaldinovag@inbox.ru

ГЕЛЛАН НЕГІЗІНДЕГІ КРИОГЕЛЬДЕРДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІ

Криогель – мұздату-еріту арқылы алынған үш өлшемді икемді полимерлі құрылымдардан тұратын криогенді полимерлі материалдың бір түрі. Бұл жұмыста NaCl және CaCl₂ қатысуымен иотропты геледеу әдісімен гелланның табиғи полимері негізінде криогельдер алынды. Алынған криогельдердің қасиеттері – морфологиялық сипаттамалары, ісіну кинетикасы, гельдердің механикалық қасиеттері мен құрылымы зерттелді. Сканерлеуші электронды микроскопияның көрсеткіштері кеуекті матрицаны көрсетеді, байланысатын кеуектер жүйесі бар. Геллан концентрациясының жоғарылауымен кеуектер санының өсуі байқалады. Криогель тесіктерінің орташа диаметрлері анықталды. Криогель үлгілерінің ісіну дәрежесі есептелген. Геллан – 2% жоғары концентрациясында алынған криогельдерде 18,2 және 19,4 г/г ісіну дәрежесінің жоғары мәндері байқалады. Криогельдердің механикалық беріктігін зерттеу нәтижелері геллан концентрациясының жоғарылауымен Юнг Модулінің ұлғаюын, сондай-ақ сынамалардың сығылу коэффициентінің 99%-на жеткенде де сынудың болмауын көрсетеді. Криогельдердің механикалық қасиеттері материалдардың осы түрінің артықшылықтарының бірі болып табылады, өйткені олар бірнеше рет және қайтымды сыртқы механикалық әсерге ие. Синтезделген геллан негізіндегі криогельдердің химиялық құрылымы ИҚ-Фурье спектроскопиясы арқылы дәлелденген. Криогель үлгілерінің ИҚ спектрлерінде гелланның құрамына кіретін функционалдық топтардың деформациялық және валенттік тербелістерінің сипаттамалық шыңдары анықталды.

Түйін сөздер: биополимер, криогель, гидрогель, геллан, геледеу.

G. Satybaldinova*, L. Orazzhanova, Z. Aripzhanova, A. Klivenko

Shakarim University of Semey
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20A

*e-mail: satybaldinovag@inbox.ru

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF CRYOGELS BASED ON GELLAN

Cryogel is a kind of cryogenic polymer material that consists of three-dimensional flexible polymer structures obtained by freezing-thawing. In this work, cryogels based on the natural polymer gellan were obtained by ionotropic gelation in the presence of NaCl and CaCl₂. The properties of the obtained cryogels – morphological characteristics, swelling kinetics, mechanical properties and structure of the gels – are investigated. The indicators of scanning electron microscopy demonstrate a porous matrix with a system of communicating pores. There is an increase in the number of pores with an increase in the concentration of gellan. The average pore diameters of cryogels have been determined. The degree of swelling of cryogels samples is calculated. Higher values of the swelling degree of 18.2 and 19.4 g /g are observed in cryogels obtained at a higher concentration of gellan – 2%. The results of the study of the mechanical strength of cryogels show an increase in the Young's Modulus with an increase in the concentration of gellan, as well as the absence of destruction even when 99% of the compression ratio of the samples is reached. The mechanical properties of cryogels are one of the advantages of this type of materials, since they have the property of repeatedly and reversibly experiencing external mechanical effects. The chemical structure of the synthesized cryogels based on gellan is proved by the method of FTIR spectroscopy. In the IR spectra of cryogel samples, characteristic peaks of deformation and valence vibrations of functional groups that are part of the gellan were detected.

Key words: biopolymer, cryogel, hydrogel, gellan, gelation.

Сведения об авторах

Г.А. Сатыбалдинова – магистрант 2 курса ОП 7М05301 Химия, НАО Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: satybaldinovag@inbox.ru.

Л.К. Оразжанова – кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры «Химическая технология и экология» НАО Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: lyazzat.7070@mail.ru.

З.Х. Арипжанова – магистр, научный сотрудник ИРЛИП НЦРЭИ, город Семей, Республика Казахстан; e-mail: zelenie_glaza_ms@inbox.ru.

А.Н. Кливенко – PhD, старший преподаватель кафедры «Химическая технология и экология» НАО Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Г.А. Сатыбалдинова – 2 курс магистранты, ББ 7М05301 Химия, Шәкәрім атындағы Семей университеті КеАҚ, Қазақстан Республикасы; e-mail: satybaldinovag@inbox.ru.

Л.К. Оразжанова – химия ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті КеАҚ "химиялық технология және экология" кафедрасының қауымдастырылған профессоры; e-mail: lyazzat.7070@mail.ru.

З.Х. Арипжанова – магистр, ғылыми қызметкер ИРЛИП НЦРЭИ, Семей қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: zelenie_glaza_ms@inbox.ru.

А.Н. Кливенко – PhD, Қазақстан Республикасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті КеАҚ "химиялық технология және экология" кафедрасының аға оқытушысы; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru.

Information about the authors

G. Satybaldinova – 2nd year master's student EP 7M05301 Chemistry, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: satybaldinovag@inbox.ru.

L. Orazzhanova – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology and Ecology of the Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: lyazzat.7070@mail.ru.

Z. Aripzhanova – Master's degree, Researcher at IRLIP NCREI, Semey city, Republic of Kazakhstan; e-mail: zelenie_glaza_ms@inbox.ru.

A. Klivenko – PhD, Senior Lecturer of the Department of Chemical Technology and Ecology, Shakarim National Research University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru.

DOI: 10.53360/2788-7995-2022-4(8)-8

МРНТИ: 06.54.31

С.Е. Темирханова*, М.М. Коккоз

Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
100027, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ., Нұрсұлтан Назарбаев даңғылы, 56

*e-mail: temirhanova37@gmail.com

БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖӘНЕ ОНЫҢ БІЛІМ БЕРУДЕГІ ӘЛЕУЕТТІ ҚОЛДАНЫЛУЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Блокчейн – биткойн сияқты криптовалюталарды жасау үшін қолданылатын негізгі технология. Блокчейн – бұл орталықсыздандыру, қадағалау, өзгермейтіндік және валюталық қасиеттер функцияларын құру үшін криптографиялық әдістер мен үлестірілген консенсус алгоритмдерін қолданатын, үлестірілген тізілім технологиясы. Оның валюталық қасиеттері көптеген инновациялық білім беру қосымшаларын іске қосуға мүмкіндік береді. Блокчейн ақпарат алмасу көзін сақтау үшін қолданылатын компьютерлердің таратылған желісі.