

УДК 637.072

DOI: 10.46548/21vek-2021-1055-0022

**РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛАТИНА ПОЛУЧЕННОГО  
БИОКАТАЛИТИЧЕСКИМ И УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫМ МЕТОДАМИ**

© 2021

**Ворошилин Роман Алексеевич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры  
Технологии продуктов питания животного происхождения  
*Кемеровский государственный университет*  
(650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: rom.vr.22@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлены исследования реологических характеристик желатиновых бульонов и гелей, полученных биокаталитическим и ультрафильтрационным методами. Желатиновое производство является перспективным направлением для развития внутреннего производственного потенциала и переработки малоценных продуктов мясной промышленности. Для исследований использовали желатин, полученный традиционным методом и методами биокатализа и ультрафильтрации. Используемые методы влияют на цвет желатина и позволяют получить более светлый желатин, который не будет изменять внешний вид и цвет структурируемого продукта. Из полученных результатов анализа вязкости заключили, что измеряемый показатель опытного образца снижается с 70 сПз до 55 сПз, при этом значения вязкости контрольного образца снижались с 60 сПз до 45 сПз, измерения проводились в течение 30 минут. Полученные данные свидетельствуют о структурных перестройках в опытном образце желатина, что повлияло на повышение вязкости образцов 5%-го раствора желатина. Также наблюдается влияние способа производства желатина на гелеобразующую способность полученных гелей. Из результатов полученных данных можно сделать вывод, что при заданной температуре  $4 \pm 2$  °C момент застывания желатинового раствора полученного биокаталитическим и ультрафильтрационным методами наступает через 19 минут, что на 3 минут быстрее по сравнению с раствором желатина, который был получен традиционным методом. Опытные образцы обладали прочностью геля на  $18 \pm 0,5$  Блюм выше, по сравнению с контрольным образцом. Можно предположить, что на исследуемые показатели повлияла массовая доля белка в исследуемых образцах желатина.

**Ключевые слова:** желатин, желатиновый гель, желатиновый бульон, ультрафильтрация, биополимер, реология.

**RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GELATIN OBTAINED  
BY BIOCATALYTIC AND ULTRAFILTRATION METHODS**

© 2021

**Voroshilin Roman Alekseevich**, candidate of Technical Sciences, senior Lecturer of the  
Department of Food Technology of Animal Origin  
*Kemerovo State University*  
(650000, Kemerovo, Krasnaya st., 6, e-mail: rom.vr.22@mail.ru)

**Abstract.** The article presents studies of the rheological characteristics of gelatin broths and gels obtained by biocatalytic and ultrafiltration methods. Gelatin production is a promising area for the development of domestic production potential and processing of low-value products of the meat industry. For research, we used gelatin obtained by the traditional method and by methods of biocatalysis and ultrafiltration. The methods used affect the color of the gelatin and produce a lighter gelatin that will not change the appearance and color of the structured product. From the results of the analysis of the viscosity, it was concluded that the measured indicator of the test sample decreases from 70 cP to 55 cP, while the viscosity of the control sample decreased from 60 cP to 45 cP, measurements were carried out within 30 minutes. The data obtained indicate structural rearrangements in the experimental sample of gelatin, which influenced the increase in the viscosity of the samples of 5% gelatin solution. The effect of the gelatin production method on the gelling ability of the resulting gels is also observed. From the results of the data obtained, it can be concluded that at a given temperature of  $4 \pm 2$  °C, the moment of solidification of the gelatin solution obtained by the biocatalytic and ultrafiltration methods occurs in 19 minutes, which is 3 minutes faster than the gelatin solution, which was obtained by the traditional method. The experimental samples had a gel strength  $18 \pm 0.5$  Bloom higher than the control sample. It can be assumed that the studied parameters were influenced by the mass fraction of protein in the studied samples of gelatin.

**Keywords:** gelatin, gelatin gel, gelatin broth, ultrafiltration, biopolymer, rheology.

**Введение.** Желатин — это вязкоупругий биополимер, состоящий из белков и пептидов, которые образуются в результате гидролиза коллагена. Коллаген получают из побочных продуктов животного происхождения, таких как кожа и кости животных. Кроме того, пептиды и белки, входящие в состав желатина,

также могут быть экстрагированы из морских водорослей или бактерий, что приводит к получению гелеобразующих альтернатив неживотного происхождения [1-5].

Желатин имеет уникальные функциональные и технологические свойства, в связи с чем является

ценным сырьем для производства продуктов питания (кондитерские изделия, пищевые добавки), косметики (кремы, лосьоны, маски для лица) и фармацевтических продуктов (оболочки капсул), который действует как гелеобразующий, связывающий, покрывающий, стабилизирующий и глазирующий агент [6]. Из-за большой потребности в желатине на современном пищевом, косметическом и фармакологическом рынках, необходимо уделять большое внимание поиску эффективных и экологически безопасных методов производства костного желатина.

Эффективность преобразования коллагена в желатин зависит от условий экстракции (температуры, времени и pH), концентрирования, качества сырья и его предварительной обработки, которые, как известно, влияют на свойства желатина. Применение химических растворителей для экстракции желатина может привести к более высокому выходу наряду с большим количеством низкомолекулярных белковых фрагментов, что отразится на свойствах геля: сила геля, температура плавления и др. [7-11].

Очень важно оптимизировать условия экстракции желатина и способ его концентрации, так как от этих параметров зависит качество, в том числе реологические, готового продукта, в связи с чем необходимо изучить влияние определенных технологических операций на реологические свойства желатина [12-16]. В последнее время среди всех существующих технологий получения желатина, использование биотехнологических процессов вызывает значительный интерес, так как данные процессы являются более безопасной альтернативой химическим методам получения желатина.

После стадии экстракции разбавленные растворы желатина концентрируют и фильтруют. Традиционный метод концентрирования – испарение желатиновых бульонов. Традиционный метод имеет некоторые недостатки, такие как потребление большого количества энергии, выброс углеводородов в атмосферу [17]. При производстве желатина требуются большие тепловые энергозатраты, так как классическая технология предполагает отделение влаги, поэтому возникла потребность в изучении повышения эффективности производства желатина с использованием баромембранных технологий и ультрафильтрации [18,19]. Оптимальной ресурсосберегающей технологией является ультрафильтрация, которая применяется на этапе концентрирования желатиновых бульонов. Ультрафильтрационные установки имеют ряд преимуществ для производства пищевых продуктов, один из основных – снижение количества вакуум-выпарных аппаратов, за счет применения ультрафильтрационных установок, которые в свою очередь удаляют большую часть свободной влаги из желатинового бульона [20].

**Целью** исследований является изучение реологических характеристик желатиновых бульонов и гелей, полученных биокаталитическим и ультрафильтрационным методами.

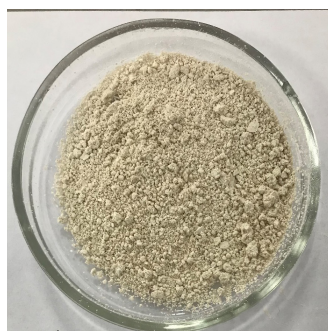
**Материалы и методы исследований.** Для про-

ведения исследований использовали образцы желатиновых бульонов, полученные методом биокаталитической мацерации костей КРС (под воздействием кислот и ферментных препаратов). В качестве контроля использовали желатин, полученный традиционным методом [21]. Для концентрирования опытных образцов желатиновых бульонов использовали ультрафильтрационную установку МФУ-Р-45-300. В процессе фильтрации контролируемое давление находилось в пределах 3,0 Бар, с перепадом в напорном и возвратном коллекторе не более 0,2 – 0,5 кгс/см<sup>2</sup>. Сушку фильтрованных желатиновых бульонов проводили на лабораторной распылительной сушке модели *Mini Spray Dryer B-290 (Buchi, Sweden)* при температуре 95 оС и скорости подачи раствора в распылительную камеру 3,0 – 3,2 мл/мин. Массовую долю белка определяли на дегисторе термическом *FOSS Tecator Digester 2520*. Вязкость полученных желатинов определяли на ротационном вискозиметре *Haake VT500*, при температуре проведения исследований 23°С. Активную кислотность (величину *pH*) измеряли портативным pH-метром модели *Testo 206-pH2*. Гелеобразующую способность сухих бульонов определяли по – ГОСТ 33692-2015. Прочность студня по Блему определяли на анализаторе текстуры «*Структурометр СТ-2*» в комплектации с индентором «*Блюма*» (СТ-2.26.00.000 СБ). 7,5г желатина помещали в стакан с холодной водой (105мл) и выдерживали смесь при температуре не более 22°С, в течение 180 мин. Далее набухший желатин подогревали в водяной бане до температуры 60°С и перемешивали его в течение 15 мин до полного растворения. Приготовленный раствор желатина (концентрацией 6,67%) переливали в специальный калиброванный стакан и в течение 17ч выдерживали при температуре 10°С ± 0,1°С.

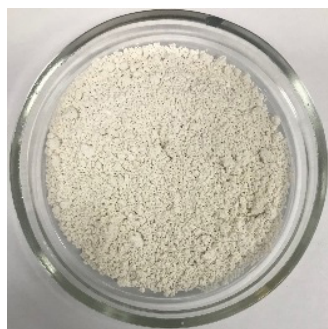
Экспериментальные исследования проводились на базе кафедры технологии продуктов питания животного происхождения и НИИ Биотехнологии Кемеровского государственного университета.

**Результаты исследований.** На первом этапе исследований проводили концентрирование желатиновых бульонов, полученных биокаталитическим методом (при воздействии кислот и ферментных препаратов) до содержания сухих веществ в растворах не менее 20%. Для концентрирования опытных образцов желатиновых бульонов использовали ультрафильтрационную установку МФУ-Р-45-300. Данная мембранная фильтрационная система «МФУ-Р» предназначена для фильтрации различных растворов. Она позволяет получать концентраты или фильтраты растворов, отделяя молекулы различных размеров, в зависимости от установленных мембран. Используемая в исследованиях установка оснащена полимерными фильтрационными рулонными элементами, размеры пор которых от 5 до 100 кДа.

Далее проводили распылительную сушку полученных желатиновых бульонов на лабораторной распылительной сушке модели *Mini Spray Dryer B-290 (Buchi, Sweden)*.



а. контрольный образец



б. опытный образец

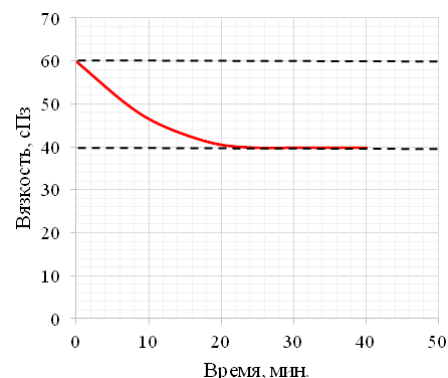
Рисунок 1 – Образцы желатина, полученные распылительной сушкой

На рисунке 1 представлены образцы желатина, полученные методом распылительной сушки, где видно, что после распылительной сушки полученные образцы отличаются по цвету, контрольный образец желатина имеет более темный оттенок серого цвета, при этом опытный образец желатина имеет цвет приближенный к белому, из этого можно заключить, что применяемые методы влияют на цвет желатина. Биокаталитический и ультрафильтрационные методы позволяют получить более светлый желатин, что является признаком высокого качества продукта, так как структурируемый продукт не будет изменять цвет. Желатин с менее выраженным цветом обычно имеет более высокую температуру плавления и точку гелеобразования, и соответственно более короткое время гелеобразования в конечном продукте, также имеет более нейтральный запах и вкус. Более сильная желеобразующая способность также означает, что требуется меньшее количество желатина для достижения желаемой плотности геля в готовом продукте.

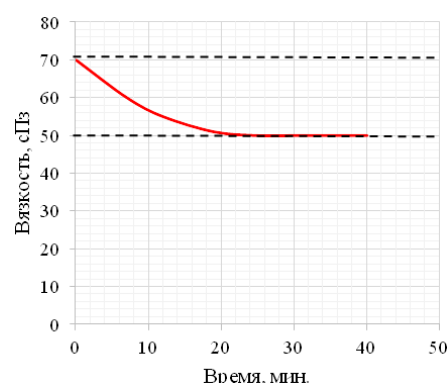
Далее проводили исследование реологических характеристик концентрированных образцов желатина.

С целью исследования влияния рассматриваемых методов при производстве желатина на вязкость желатиновых гелей проводили испытания при нейтральной (7,0 pH) среде. Для измерения зависимости реологических свойств опытного и контрольного образцов желатина использовали 5%-й раствор желатина, имеющий температуру 23°C. Образцы желатина подвергались сдвигу в пространстве между плоскостью и конусом.

На рисунке 2 представлены результаты динамики измерения вязкости опытного и контрольного образцов 5%-ых растворов желатина.



а. контрольный образец



б. опытный образец

Рисунок 2 – Динамика изменения вязкости желатиновых растворов

Из результатов, представленных на рисунке 2 видно, что вязкость опытного образца снижается с 70 сПз до 55 сПз, при этом значения вязкости контрольного образца снижались с 60 сПз до 45 сПз, измерения проводились в течении 30 минут. Полученные данные свидетельствуют о структурных перестройках в опытном образце желатина, что повлияло на повышение вязкости образцов 5%-го раствора желатина. Увеличение измеряемого показателя вязкости в анализируемом растворе желатина опытного образца свидетельствует об упрочнении в нём структуры полимерной матрицы, которая способствует удержанию влаги внутри белкового матрикса и, соответственно, способствует увеличению вязкости исследуемого раствора.

Далее проводили определение массовой доли белка, гелеобразующей способности и прочности исследуемых студней по Блюму (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели массовой доли белка, гелеобразующей способности и прочности геля образцов желатина

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец
Массовая доля белка, %	84,6±0,1	89,5±0,2
Время гелеобразования, мин	22±0,2	19±0,3
Прочность геля, Блюм	185±0,5	203±0,5

Способ производства желатина влияет на гелеобразующую способность полученных гелей. Из результатов полученных данных можно сделать вывод, что при заданной температуре 4±2°C момент застывания желатинового раствора полученного биокаталитическим и ультрафильтрационным методом наступа-



ет через 19 минут, что на 3 мин быстрее по сравнению с контрольным образцом раствора желатина. Можно предположить, что на данный показатель повлияли показатели содержания массовой доли белка в исследуемых образцах желатина. Показатель прочности геля также имеет зависимость от содержания белка в полученных образцах желатина, об этом свидетельствуют полученные результаты, прочность геля контрольного образца была на уровне  $185 \pm 0,5$  Блюм, при этом прочность геля опытного образца составляла  $203 \pm 0,5$  Блюм.

**Заключение.** Представленные результаты исследований могут свидетельствовать об эффективности применения биокаталитической обработки и ультрафильтрации при производстве желатина. Ультрафильтрация способствует эффективному концентрированию желатиновых бульонов. Используемые методы влияют на цвет желатина и позволяют получить более светлый желатин, что является признаком высокого качества продукта. Полученные данные изменения вязкости свидетельствуют о структурных перестройках в опытном образце желатина, что повлияло на повышение вязкости опытных образцов 5%-го раствора желатина до 70 сПз. Увеличение измеряемого показателя вязкости в анализируемом растворе желатина опытного образца свидетельствует об упрочнении в нём структуры полимерной матрицы. Результаты реологических характеристик свидетельствуют о значительном влиянии ультрафильтрации при оптимальных параметрах на показатели гелеобразования и прочности геля. Момент застывания желатинового раствора полученного из опытного образца желатина наступает через 19 минут, что на 3 минут быстрее по сравнению с контрольным раствором желатина. Опытные образцы обладали прочностью геля на  $18 \pm 0,5$  Блюм выше, по сравнению с контрольным образцом, значение данного показателя находилось на уровне  $203 \pm 0,5$  Блюм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Sulaiman, M. Characteristics and Gel Properties of Gelatin from Goat Skin as Influenced by Alkaline-pretreatment Conditions / M. Sulaiman, B. Soottawat, P. Thummanoon, S. Maqsood // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS). – 2016. – Vol. 29(6). – PP. 845-854. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0784>
2. Derkach, S.R. Tailoring Cod Gelatin Structure and Physical Properties with Acid and Alkaline Extraction / S.R. Derkach, Y.A. Kuchina, A.V. Baryshnikov, D.S. Kolotova, N.G. Voron'ko // Polymers. – 2019. – Vol. 11, № 10. – PP. 1724-1743.
3. Просеков А.Ю. Производство желатина - состояние и перспективы рынка, альтернативные источники, технологии производства / А.Ю. Просеков, Р.А. Ворошилин // Все о мясе. – 2020. – № 5S. – С. 265.
4. Ahmed, M. Extraction and characterization of gelatin from camel skin (potential halal gelatin) and production of gelatin nanoparticles / M. Ahmed, H. Al-Kahtani, I. Jaswir and all. // Saudi Journal of Biological Sciences. – 2020. – Vol. 27. – PP. 1596-1601.
5. Просеков А.Ю. Исследование пробных партий растительного аналога фармацевтического желатина и капсул из него в части физико-химических показателей / А.Ю. Просеков, Е.В. Ульрих, О.О. Бабич, О.В. Королева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4. – С. 539.
6. Rohman A. Review on analytical methods for analysis of porcine gelatine in food and pharmaceutical products for halal authentication / A. Rohman, A. Windarsih, Y. Erwanto, Z. Zakaria // Trends in Food Science & Technology. – 2020. – Vol. 101. – PP. 122-124.
7. Аскарова Р.Н. Обзор современного состояния организации производства желатина / Р.Н. Аскарова, Г.А. Аминова // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. – 2020. – С. 15-17.
8. Santana, J.C. Valorization of Chicken Feet By-Product of the Poultry Industry: High Qualities of Gelatin and Biofilm from Extraction of Collagen / J.C. Santana, R.B. Gardim, P.F. Almeida, G.B. Borini, A.P. Quispe, Llanos and all // Polymers. – 2020. – Vol. 12. – PP. 529.
9. Кучина Ю.А. Влияние условий экстракции на физико-химические свойства рыбной желатины / Ю.А. Кучина, С.Р. Деркач // Наука и образование-2018. – 2019. – С. 261-263.
10. Сафонова М.А. Основные виды желатина и его применение в пищевой промышленности / М.А. Сафонова, Д.С. Антонова // Вестник магистратуры. – 2017. – №. 11-2. – С. 19.
11. Sha X.M. Effect of extraction temperature on the gelling properties and identification of porcine gelatin / X.M. Sha, Z.Z. Hu, Y.H. Ye, H. Xu, Z.C. Tu // Food Hydrocolloids. – 2019. – T. 92. – С. 163-172.
12. Goudoulas T.B. Phase transition kinetics and rheology of gelatin-alginate mixtures / T.B. Goudoulas, N. Germann // Food Hydrocolloids. – 2017. – T. 66. – С. 49-53.
13. Бугаец Н.А. Влияние pH среды на структурно-реологические свойства растворов структурообразователей полисахаридной и белковой природы / Н.А. Бугаец, М.Ю. Тамова, И.А. Бугаец // Новые технологии. – 2012. – №. 2. – С. 35.
14. Netter A.B. Effects of Bloom number on phase transition of gelatin determined by means of rheological characterization / A.B. Netter, T.B. Goudoulas, N. Germann // LWT. – 2020. – T. 132. – С. 109813.
15. Park H.E. Effect of temperature on gelation and cross-linking of gelatin methacryloyl for biomedical applications / H.E. Park, N. Gasek, J. Hwang, D.J. Weiss, P.C. Lee // Physics of Fluids. – 2020. – T. 32. – №. 3. – С. 033102.
16. Якубова О.С. Обоснование регламентируемых показателей качества пищевого рыбного желатина / О.С. Якубова, А.А. Бекешева // Food industry. – 2018. – T. 3. – №. 4. – С. 60-64.
17. Simon A. Concentration and desalination of fish gelatin by ultrafiltration and continuous diafiltration processes / A. Simon, L. Vandanjon, Guy. Levesque, P. Bourseau // Desalination. – 2002. – №144. PP. 313-318.
18. Ворошилин, Р. А. Баромембранные технологии как способ оптимизации технологического процесса производства желатина / Р. А. Ворошилин, А. Ю. Просеков // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : Сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Нальчик, – 2021. – С. 38-40.
19. Челноков В.В. Всемирный рынок мембранных технологий / Челноков В.В., Михайлов А.В., Заболотная Е. // Успехи в химии и химической технологии. – 2020. – №3. – С. 59-61
20. Дымар О.В. Повышение качества и энергетической эффективности изготовления желатина при помощи мембранных технологий / О.В. Дымар, Т.И. Дымар, М.Р. Яковлева // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2020. – №1. – С.12-19.
21. Джафаров, А.Ф. Производство желатина [Текст] / А. Ф. Джафаров. - М.: Агропромиздат, – 1990. – 287 с.

**Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ (НШ-2694.2020.4).**

*Статья поступила в редакцию 24.05.2021*

*Статья принята к публикации 15.09.2021*