

DOI: 10.24143/2073-5529-2017-3-132-140
УДК 665.931.7.002.612:[664.951.036.1:631.867.4]

О. С. Якубова, А. А. Бекешева

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЫБНОГО ЖЕЛАТИНА

Рассмотрены преимущества рыбного желатина пищевого назначения по сравнению с желатином млекопитающих. Выявлены факторы, формирующие основные физические свойства желатина как структурообразователя. Проведен анализ температуры плавления студня и динамической вязкости растворов рыбного желатина. Пониженная температура плавления студня рыбного желатина (на 4 °С по сравнению с минимальным нормируемым значением для желатина млекопитающих) обусловлена особенностями аминокислотного состава. Установлено повышенное значение показателя «динамическая вязкость» (в среднем 30 мПа·с) по сравнению с нормированным значением желатина животного происхождения (в среднем 23 мПа·с). Определен молекулярно-массовый состав рыбного желатина. Установлено, что желатин не является индивидуальным веществом и представляет собой многофазную систему, состоящую из смеси линейных полипептидов и их агрегатов. В молекулярно-массовом распределении рыбного желатина 81,7 % составляет высокомолекулярная фракция с массой более 100 кДа. По сравнению с желатином, полученным из шкуры крупного рогатого скота, рыбный желатин имеет более высокое содержание (на 34,7 %) высокомолекулярных фракций (β - и γ -цепи), пониженное содержание α -цепей (на 36,2 %). Преобладание высокомолекулярных фракций в составе рыбного желатина обуславливает высокие показатели динамической вязкости его растворов. Установлено, что интервал температурного перехода «фибрилла-глобула» у рыбного желатина 20–25 °С, а у животного желатина – 28–30 °С. Сделано заключение о различии термических зависимостей реологических свойств рыбного и животного желатина. Обосновано, что коллагены разного происхождения дают желатин с различными свойствами. Физические свойства рыбного желатина зависят от аминокислотного состава молекулы желатина, который определяется природой коллагена, и молекулярно-массового распределения α -, β -, γ -фракций желатина, которое обусловлено технологическими факторами получения желатина.

Ключевые слова: чешуя рыб, рыбный желатин, реологические свойства, молекулярно-массовый состав, высокомолекулярная фракция.

Введение

Желатин – натуральный регулятор консистенции белковой природы. Области применения желатина разнообразны. Наиболее широко он используется в пищевой и медицинской промышленности.

Широкое распространение имеет желатин, изготавливаемый из кости и шкур крупного рогатого скота и свиней. Известно [1, 2], что вторичное коллагенсодержащее сырье наземных животных входит в перечень специфических материалов риска передачи агентов прионовых заболеваний. В связи с этим актуальны альтернативные источники натуральных полимеров животного происхождения. Коллаген рыбного происхождения исключает риск наличия агентов прионовых заболеваний и инфицирования человека заболеваниями млекопитающих. Желатин рыбного происхождения рассматривают как альтернативу желатину животного происхождения [3, 4].

Кроме того, рыбный желатин соответствует этнокультурным особенностям производства халяльных продуктов питания. Это преимущество регулятора консистенции рыбного происхождения вызывает большой интерес к свойствам и особенностям его применения в пищевой промышленности [5].

Коллагены разного происхождения дают желатин с различными свойствами. Свойства желатина зависят от структуры, аминокислотного состава, а также от молекулярной массы фрагментов коллагена, входящих в его состав.

Технологические процессы получения желатина направлены на дезагрегацию коллагена и разделение тропоколлагеновых нитей на различные фрагменты, которые могут иметь различную молекулярную массу. Из литературных данных известно, что основными фракциями желатина являются:

– микроргель (молекулярная масса (ММ) более 300 кДа);

- γ -фракции (ММ 300 кДа);
- β -фракции (ММ 200 кДа);
- α -фракции (ММ 100 кДа);
- пептиды (ММ менее 100 кДа).

Альфа-цепи представляют собой отдельные одинарные цепи первоначальной трехспиральной макромолекулы коллагена; β - и γ -цепи – цепи, сшитые химическими связями, сдвоенные или строенные α -цепи и их фрагменты.

Продукты дезагрегации коллагена являются смесью α -, β -, γ -цепей и их фрагментов [6–8]. Таким образом, желатин не является индивидуальным веществом и представляет собой многофазную систему, состоящую из смеси линейных полипептидов и их агрегатов с молекулярной массой в среднем от 100 до 300 кДа. Разные по молекулярной массе фракции желатина имеют разные показатели, реакционную способность и функциональные свойства. Чем больше масса молекулы желатина, а также однородность фракций, тем выше реологические показатели качества. В связи с этим молекулярно-массовый состав – один из основных показателей, определяющих функциональные свойства желатина как регулятора консистенции.

В международной практике основным показателем качества желатина выступает прочность образуемого геля (студня), диапазон значения этого показателя для пищевых марок желатина составляет 125–265 bloom. Национальный стандарт предусматривает несколько основных физических показателей качества желатина: температура плавления студня, прочность студня, измеряемая в ньютонах, и динамическая вязкость растворов, измеряемая в мПа·с. Значения двух последних показателей взаимосвязаны прямо пропорционально: чем больше прочность образуемого геля желатина, тем выше значение динамической вязкости раствора желатина. Чем выше реологические показатели желатина, тем большее количество массы он может стабилизировать или более вязкие растворы можно получить при использовании одинакового количества регулятора консистенции, следовательно, меньше расход продукта и больше его эффективность.

Цель настоящей работы – научное обоснование физических свойств рыбного желатина на основе исследования молекулярно-массового состава желатина различного происхождения, а также определение термических зависимостей реологических свойств рыбного желатина. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследование основных физических свойств рыбного желатина;
- исследование молекулярно-массового состава рыбного желатина;
- сравнительный анализ молекулярно-массового состава желатина различного происхождения;
- проведение дифференциально вискозиметрического исследования концентрационной зависимости вязкости растворов рыбного желатина от температуры для определения способности к спирализации и температуры конформационного перехода.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследования использовали рыбный желатин, получаемый из чешуи рыб Волжско-Каспийского бассейна по инновационной технологии и соответствующий требованиям ТУ 20.59.60.110-021-00471704-2017.

Исследование физико-химических показателей рыбного желатина проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 11293 и ГОСТ 25183. Вязкость раствора рыбного желатина измеряли инструментальным методом с помощью капиллярного стеклянного вискозиметра модели ВПЖ-4 в соответствии с ГОСТ 25183.4-82.

Основные исследования по определению молекулярно-массового состава рыбного желатина проводились в инновационной биотехнологической компании «ANiMOX GmbH» (г. Берлин, Германия). Идентификацию средней ММ протеинов во фракции проводили оптическими методами на приборе UV-Detektor при длине волны 214 нм и рН 6,8. Хроматограммы регистрировали ультрафиолетовым детектором при длине волны 214 нм и рН 6,8.

Дифференциально вискозиметрическое исследование проводили по температурной зависимости вязкости растворов рыбного желатина в области разбавленных растворов. В разбавленных

растворах взаимодействие между макромолекулами желатина сводится к минимуму, и по температурной зависимости гидродинамических параметров можно судить о конформационных изменениях макромолекул желатина. Увеличение вязкости будет свидетельствовать о появлении спиральной конформации, а уменьшение вязкости – о преобладании глобулярных форм. Способность к спирализации макромолекул желатина определяется степенью деструкции коллагена в процессе переработки. Чем больше разрушена структура коллагена, тем меньше склонность полученного желатина к спирализации, а чем выше доля высокомолекулярных компонентов с максимально сохраненной нативной структурой, тем выше способность к спирализации [9, 10]. Исследованию подвергали растворы рыбного желатина с концентрацией от 0,2 до 1,2 %.

Результаты и обсуждение

В процессе исследования свойств рыбного желатина зарегистрировано пониженное значение показателя температуры плавления студня рыбного желатина по сравнению с минимальными регламентированными нормами. Температура плавления студня рыбного желатина составляет 28 °С, минимальное нормируемое значение температуры плавления желатина по ГОСТ 11293 – не менее 32 °С. Важно определить, вызвана ли эта особенность происхождением желатина, особенностями аминокислотного состава или возможно технологическими способами повысить этот показатель качества желатина. Исследование аминокислотного состава рыбного желатина показало содержание 23,6 % пролина и оксипролина в рыбном желатине, а в коллагене крупного рогатого скота содержится 26 % этих аминокислот [11]. Следовательно, рыбный желатин содержит меньше аминокислот, стабилизирующих коллагеновую спираль. Выявленные особенности аминокислотного состава рыбного желатина обуславливают пониженную термостабильность молекулы рыбного желатина, выражающуюся в снижении температуры плавления студня на 4 °С по сравнению с минимальным нормируемым значением для желатина млекопитающих.

Выявленная нами особенность желатина, получаемого из рыбного сырья Волжско-Каспийского бассейна, подтверждается исследованиями других ученых, изучающих коллагеновые белки других видов рыб [12–14]. Таким образом, пониженная термостабильность характерна для желатина из рыбного коллагенсодержащего сырья разных видов рыб и зависит главным образом от особенности аминокислотного состава, которая определяется природой коллагена и накладывает отпечаток на свойства продукта его дезагрегации – желатин. Следовательно, повысить значение этого показателя качества желатина технологическими способами не представляется возможным.

Для повышения этого показателя возможно применение различных способов модификации желатина и комбинирование его с другими регуляторами консистенции, имеющими более высокую температуру плавления студня, например, использование желатина в смеси с регуляторами консистенции растительного происхождения [15].

При анализе других реологических показателей рыбного желатина обращает на себя внимание тот факт, что растворы рыбного желатина отличаются повышенным значением показателя динамической вязкости (в среднем 30 мПа·с) по сравнению с нормированным значением желатина животного происхождения (в среднем 23 мПа·с). Значение показателя вязкости в основном определяется молекулярно-массовым составом желатина и однородностью его фракций, этот показатель определяется технологическими факторами, условиями и режимами перехода коллагена в желатин. В настоящее время существуют кислотный и ферментативный способ производства рыбного желатина [3, 16]. По сравнению с ферментативным кислотный способ получения желатина более экономически эффективен за счет снижения стоимости используемых материалов. В условиях рыночной экономики и коммерциализации научных разработок стоимостные показатели товара являются первостепенными, т. к. определяют конкурентоспособность товара. Поэтому на первый план выходит инновационный подход к технологии получения рыбного желатина с использованием корреляционно-регрессионного метода. Эта технология позволяет осуществлять процесс получения желатина по определенным параметрам, минимизируя воздействие негативных факторов, и в результате получить продукт высокого качества и конкурентоспособный на потребительском рынке. Использование доступных отечественных материалов позволяет снизить себестоимость продукта до необходимого уровня. В результате наших исследований установлены высокие показатели вязкости рыбного

желатина, полученного кислотным способом по инновационной технологии, эти данные могут коррелироваться с повышенным содержанием в рыбном желатине высокомолекулярных фракций с максимально сохраненной нативной структурой.

Для подтверждения полученных данных и определения степени деструкции коллагеновых белков в рыбном желатине были проведены экспериментальные исследования по определению молекулярно-массового состава рыбного желатина. На рис. 1 графически представлено распределение протеинов по молекулярной массе и массовому составу белка рыбного желатина, выраженное в наличии пиков, соответствующих семи полипептидным фракциям желатина: более 100, 100–50, 50–20, 20–10, 10–5, 5–1, менее 1 кДа (81,73; 5,83; 3,89; 1,92; 1,28; 2,02 и 3,33 % соответственно).

Molecular weight distribution (sample was completely soluble):

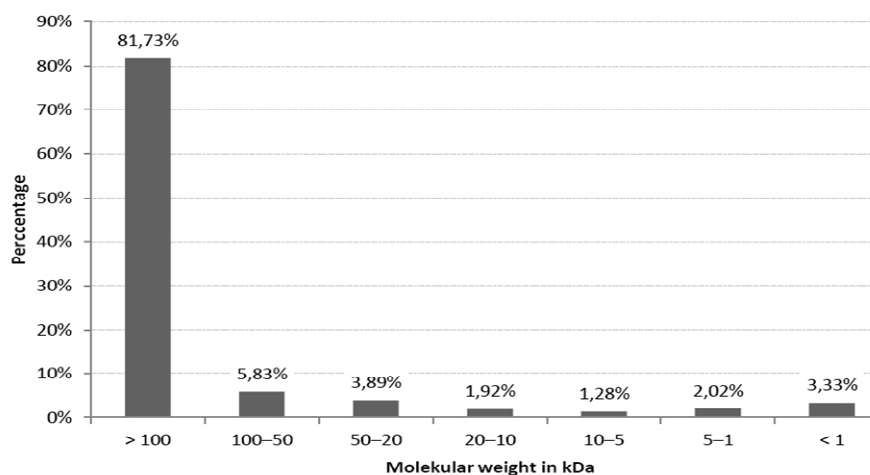


Рис. 1. Распределение протеинов в белковой фракции рыбного желатина по молекулярной массе

Фракционирование рыбного желатина на основе молекулярно-массового распределения включает в себя следующие составляющие: белки, пептиды, аминокислоты.

Из полученных результатов следует, что основную массу рыбного желатина составляет фракция с молекулярной массой более 100 кДа (81,7 %), а доля протеинов с молекулярной массой менее 10 кДа (активные пептиды или «пептидные осколки») – 6,6 %. Основная часть фракций рыбного желатина является высокомолекулярной, т. к. значительное по массе количество всех протеиновых фракций имеет молекулярную массу более 100 кДа, т. е. в составе рыбного желатина преобладают β - и γ -цепи. Наличие фракций, мигрирующих в области с диапазоном значений менее 50 кДа, может быть связано с наличием минорных компонентов и сопутствующих белков.

Рыбный желатин, получаемый кислотным способом по инновационной технологии с использованием корреляционно-регрессионного метода, характеризуется однородностью и высоким содержанием высокомолекулярных макромолекул (более 80 %). Содержание низкомолекулярных фрагментов α -цепей не превышает 10 %. Полученные данные молекулярно-массового состава рыбного желатина свидетельствуют о том, что разработанный комплекс технологических процессов и операций по дезагрегации рыбного коллагена позволяет выделить желатин, максимально сохранив его нативную структуру, минимизировать деградиационные изменения, сохранив ковалентные связи полипептидных цепочек.

Сравнительное исследование молекулярно-массового состава желатина, полученного кислотным способом из чешуи рыб и шкур крупного рогатого скота, представлено на рис. 2.

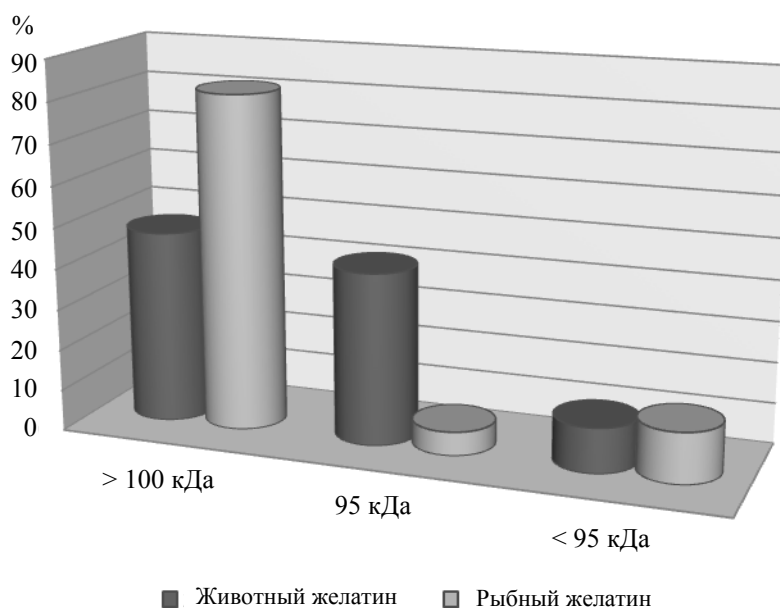


Рис. 2. Молекулярно-массовый состав желатина различного происхождения

Установлено, что желатин из шкуры крупного рогатого скота имеет следующий фракционный состав: белок с молекулярной массой более 100 кДа (β - и γ -цепи) – 47,0 %; белок с молекулярной массой 95 кДа (α -цепи) – 42,0 %; белок с молекулярной массой менее 95 кДа – 11,0 % [17].

В результате сравнительного анализа молекулярно-массового состава животного и рыбного желатина (рис. 2) было установлено, что рыбный желатин имеет более высокое содержание (на 34,7 %) высокомолекулярных фракций (более 100 кДа) по сравнению с животным желатином, пониженное содержание α -цепей (на 36,2 %); доли фрагментов пептидных цепей и свободных аминокислот находятся примерно на одном уровне (11,7 %).

Таким образом, в молекулярно-массовом составе желатина млекопитающих концентрационное содержание высокомолекулярных фракций (β - и γ -цепей) и α -цепей находится примерно на одном уровне (47 и 42 % соответственно). В свою очередь, в молекулярном составе рыбного желатина концентрационное содержание высокомолекулярных фракций (β - и γ -цепей) в разы превышает содержание α -цепей (превышение на 75,9 %), что положительным образом отражается на реологических свойствах рыбного желатина.

Для установления структуры молекулы рыбного желатина и его реакционной способности, а также способности к спирализации молекулы рыбного желатина проводили дифференциально вискозиметрическое исследование концентрационной зависимости вязкости растворов рыбного желатина от температуры. Это исследование также позволяет определить температуру конформационного перехода молекулы рыбного желатина из фибриллярного состояния в глобулярное.

Известно [18, 19], что при температурах свыше 40–45 °С растворы желатина ведут себя подобно ньютоновским жидкостям, у которых предельное напряжение сдвига равно нулю. В интервале температур 28–40 °С растворы желатина ведут себя как упруго-вязкие системы. В этом интервале температур за счет устойчивых связей в растворе желатина образуется структура. Этот раствор представляет собой квазидисперсную систему, характеризующуюся упругостью и предельным напряжением сдвига. Температурный коэффициент вязкости имеет постоянное значение независимо от молекулярной массы. Ниже указанного температурного предела образуется структура, причем с понижением температуры предельное напряжение сдвига резко увеличивается.

Изменение формы молекулы желатина влечет за собой изменение вязкости, т. к. более плотные клубки молекулы желатина обладают меньшей вязкостью. Так, в водных растворах при температуре 40 °С макромолекулы желатина животного происхождения находятся в виде глобулы, при температуре 28–30 °С происходит конформационный переход «глобула-фибрилла», в результате чего макромолекула желатина спирализуется в фибриллярную форму, а система

переходит в гелеобразное состояние, при котором макромолекулы желатина теряют растворимость вследствие перехода в жесткую конформацию. Установлено, что конформационный переход в молекуле желатина начинается с функциональной группы пирролидина, которая действует как точка завода для образования зон, в которых будет происходить сочленение полипептидной цепи. При понижении температуры в этих участках возникают зоны соединения. Плавление студня желатина является обратным процессом спирализации, при этом происходит противоположный конформационный переход «фибрилла-глобула» [3], в результате которого исчезают свойства желатина, обусловленные фибриллярными структурами (гибкость, прочность), и усиливаются свойства, обусловленные глобулярными структурами (хрупкость).

Дифференциально вискозиметрическое исследование концентрационной зависимости вязкости растворов рыбного желатина от температуры, по результатам которого можно судить о способности рыбного желатина совершать конформационные переходы, показало существенное различие графических зависимостей относительной вязкости разбавленных растворов в интервале температур 20–25 °С, далее кривые почти совпадают, хотя заметна тенденция к уменьшению вязкости растворов рыбного желатина при увеличении температуры (рис. 3).

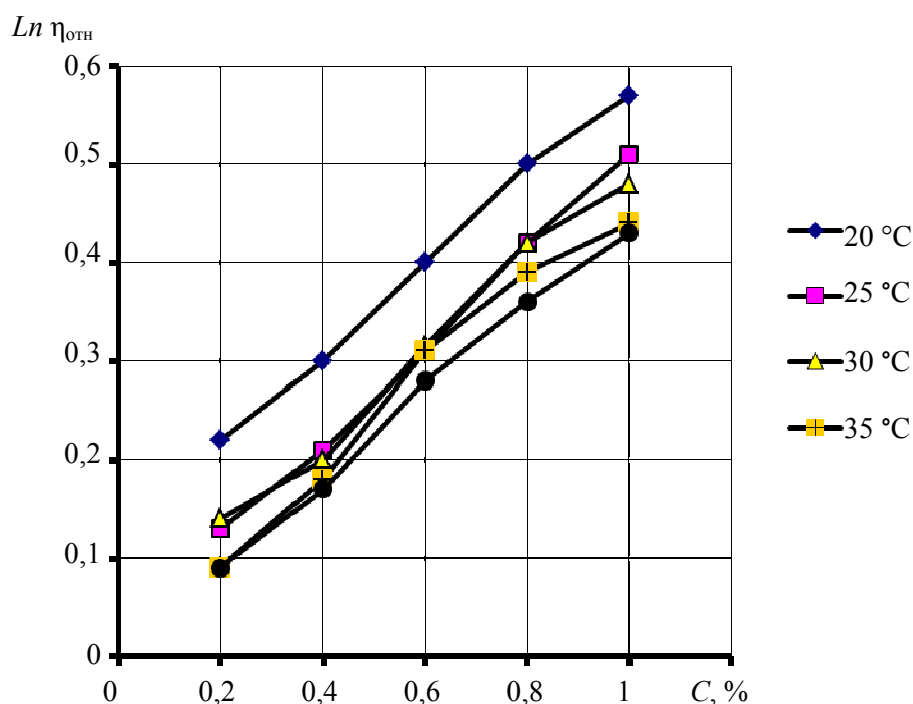


Рис. 3. Концентрационная зависимость логарифма относительной вязкости ($\text{Ln } \eta_{\text{отн}}$) разбавленных растворов рыбного желатина от температуры: C – концентрация

Этот факт позволяет полагать, что в интервале температур от 20 до 25 °С макромолекулы рыбного желатина совершают конформационный переход «фибрилла-глобула». Представленные данные являются доказательством того, что макромолекулы рыбного желатина в растворах имеют склонность к спирализации, следовательно, молекулы рыбного желатина сохранили свое нативное состояние и обладают реакционной способностью. Следует отметить, что интервал температурного перехода «фибрилла-глобула» у рыбного желатина 20–25 °С, а у животного желатина – 28–30 °С [17]. Этот факт также подтверждает тезис о различии термических зависимостей рыбного и животного желатина.

При повышении температуры до 40 °С существенного изменения относительной вязкости не отмечено, что обуславливает однородность молекулярно-массового распределения компонентов рыбного желатина и подтверждается экспериментальными данными его молекулярно-массового состава, свидетельствующего о наличии высокомолекулярных компонентов с максимально сохраненной нативной структурой.

Заключение

Таким образом, установлено, что коллагены разного происхождения дают желатин с различными свойствами, которые зависят от структуры, аминокислотного состава, а также от молекулярной массы фрагментов коллагеновых белков, входящих в его состав.

Из анализа молекулярно-массового состава следует, что рыбный желатин представляет собой высокомолекулярный полимер с молекулярной массой более 100 кДа, содержание высокомолекулярных фракций (β - и γ -цепей) более 80 %. Наличие преобладающего количества высокомолекулярных молекул в составе рыбного желатина и сохранение нативной структуры обуславливают высокие показатели динамической вязкости растворов рыбного желатина (в среднем 30 мПа·с). Реологические показатели желатина определяются технологическими факторами, условиями и режимами перехода коллагена в желатин.

Пониженная термолабильность рыбного желатина объясняется индивидуальными особенностями аминокислотного состава и строением коллагена рыбного происхождения, поэтому процесс гелеобразования происходит более медленно, а температура плавления студня на 4 °С ниже по сравнению с минимальным нормируемым значением для желатина млекопитающих. Для повышения термостабильности пищевого желатина в целях улучшения свойств гелеобразования могут быть использованы различные регуляторы консистенции полисахаридной природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев В. Б. Прионные болезни человека и животных // Вопросы вирусологии. 2004. № 5. Т. 49. С. 4–12.
2. Леонова З. А. Прионы и прионовые заболевания // Бюл. Вост.-Сиб. науч. центра Сиб. отд. Рос. акад. мед. наук. 2010. № 6–1. С. 169–174.
3. Якубова О. С. Разработка технологии получения ихтиожелатина из чешуи рыб: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2006. 206 с.
4. Якубова О. С., Бекешева А. А., Гусева Д. А. Безопасность рыбного желатина // Пищевая и морская биотехнология: материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конф. в рамках V Междунар. Балт. мор. форума. Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. С. 1529–1534.
5. Simpson B. and others. Food Biochemistry and Food Processing. John Wiley & Sons, Inc, 2012. 896 p.
6. Антипова Л. В., Сторублевцев С. А. Коллагены: источники, свойства, применение. Воронеж: Изд-во ВГУИТ, 2014. 512 с.
7. Зайдес А. А. Структура коллагена и ее изменения при обработках. М.: Легкая индустрия, 1972. 168 с.
8. Райх Г. Коллаген (проблемы, методы исследования, результаты). М.: Легкая индустрия, 1969. 327 с.
9. Красновский А. Н., Мнацаканов С. С., Гусева Е. Г. и др. Сравнительное изучение концентрационных зависимостей относительной вязкости водных растворов и структуры промышленных марок фотожелатина // Прикладная химия. 1993. Вып. 4. С. 881–821.
10. Чан Т. Т. Структурно-конформационные превращения макромолекул фотографического желатина в водных растворах: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 1992. 208 с.
11. Якубова О. С., Бекешева А. А., Гусева Д. А. Сравнительная характеристика свойств желатина различного происхождения // Материалы IV Междунар. Балт. мор. форума. Калининград: Изд-во БГАРФ, 2016. С. 1528–1538.
12. Choi S. S., Regenstein J. M. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin // J. Food Sci. 2000. Vol. 65. № 2. P. 194–199.
13. Gilenan P. M., Ross-Murphy S. B. Rheological characterization of gelatins from mammalian and marine sources // Food Hydrocolloids. 2000. Vol. 146. № 3. P. 191–195.
14. Gomez-Guillen M. C., Turnay J., Fernandez-Diaz M. D., Ulmo N., Lizarbe M. A., Montero P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species a comparative study // Food Hydrocolloids. 2002. Vol. 16. № 1. P. 5–34.
15. Бекешева А. А., Якубова О. С. Формирование потребительских свойств желированных сладких блюд с использованием нетрадиционных ингредиентов // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж: Изд-во ВГУИТ, 2017. С. 146–152.
16. Дворянинова О. П., Антипова Л. В. Аквакультурные биоресурсы: научные основы и инновационные решения: моногр. Воронеж: Изд-во ВГУИТ, 2012. 419 с.
17. Сакварелидзе М. А. Решающая роль природы желатинизации при химической модификации желатин-содержащих систем: дис. ... д-ра хим. наук. М., 2003. 299 с.

18. Вейс А. Молекулярная химия желатина. М.: Пищ. пром-сть, 1971. 478 с.
19. Джафаров А. Ф. Производство желатина. М.: Агропромиздат, 1990. 287 с.

Статья поступила в редакцию 27.04.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Якубова Олеся Сергеевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры технологии товаров и товароведения; o.s.yakubova@mail.ru.

Бекешева Аделя Адлеровна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры технологии товаров и товароведения; abaygalieva@mail.ru.



O. S. Yakubova, A. A. Bekesheva

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF FISH GELATIN

Abstract. The article presents the advantages of fish gelatin available for nutritional purposes in comparison with gelatin of mammals. Factors forming the basic physical properties of gelatin as a structure-forming agent have been identified. The analysis of melting temperature of jelly and the dynamic viscosity of fish gelatin solutions has been carried out. The melting temperature of jelly prepared from fish gelatin is 4°C lower than the minimum normalized value for mammalian gelatin, which is stipulated by the specific features of their amino acid composition. There has been found an increased value of the parameter “dynamic viscosity” (on average 30 mPa·s) in comparison with the standard value of gelatin of animal origin (on average 23 mPa·s). The molecular weight composition of fish gelatin has been determined. Gelatin has been stated not an individual substance, but a multiphase system consisting of a mixture of linear polypeptides and their aggregates. In the molecular weight distribution of fish gelatin 81.7% falls to a high molecular weight fraction with a mass higher than 100 kDa. Compared with gelatin obtained from the skins of cattle fish gelatin has higher content (by 34.7%) of molecular weight fractions (β - and γ -chains) and lower content (by 36.2%) of α -chains. The predominance of high molecular weight fractions in the composition of fish gelatin causes high rates of dynamic viscosity of its solutions. It was established that the interval of temperature transition ‘fibril-globule’ in fish gelatin is 20-25°C, and in animal gelatin - 28-30°C. It has been inferred that the thermal dependences of the rheological properties of fish and animal gelatin are different. It has been substantiated that collagens of different origin give gelatin with different properties. Physical properties of fish gelatin depend on the amino acid composition of a gelatin molecule, which is determined by the nature of collagen, and on the molecular weight distribution of α -, β -, γ -fractions of gelatin, which is determined by technological factors of gelatin production.

Key words: fish scales, fish gelatin, rheological properties, molecular weight composition, high polymeric fraction.

REFERENCES

1. Grigor'ev V. B. Prionnye bolezni cheloveka i zhivotnykh [Prion diseases of human and animals]. *Voprosy virusologii*, 2004, no. 5, vol. 49, pp. 4-12.
2. Leonova Z. A. Priony i prionovye zabolevaniia [Prions and prion diseases]. *Biulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniia Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2010, no. 6-1, pp. 169-174.
3. Yakubova O. S. *Razrabotka tekhnologii polucheniia ikhtiozhelatina iz cheshui ryb. Dis. ... kand. tekhn. nauk* [Developing technologies for producing ichthyogelatin from fish scale]. Voronezh, 2006. 206 p.

4. Iakubova O. S., Bekesheva A. A., Guseva D. A. Bezopasnost' rybnogo zhelatina [Safety of fish gelatin]. *Pishchevaia i morskaiia biotekhnologiia: materialy 6-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v ramkakh V Mezhdunarodnogo Baltiiskogo morskogo foruma*. Kaliningrad, Izd-vo BGARF, 2017. Pp. 1529-1534.
5. Simpson B. and others. *Food Biochemistry and Food Processing*. John Wiley & Sons, Inc, 2012. 896 p.
6. Antipova L. V., Storublevtsev S. A. *Kollageny: istochniki, svoistva, primenie* [Collagens: sources, properties, application]. Voronezh, Izd-vo VGUI, 2014. 512 p.
7. Zaides A. A. *Struktura kollagena i ee izmeneniia pri obrabotkakh* [Collagen structure and its changes under processing]. Moscow, Legkaia industriia Publ., 1972. 168 p.
8. Raikh G. *Kollagen (problemy, metody issledovaniia, rezul'taty)* [Collagen (problems, methods of study, results)]. Moscow, Legkaia industriia, 1969. 327 p.
9. Krasnovskii A. N., Mnatsakanov S. S., Guseva E. G. i dr. Sravnitel'noe izuchenie kontsentratsionnykh zavisimostei odnositel'noi viazkosti vodnykh rastvorov i struktury promyshlennykh marok fotozhelatina [Comparative research of concentration dependencies of relative viscosity of water solutions and structure of photogelatin of industrial grades]. *Prikladnaia khimiia*, 1993, iss. 4, pp. 881-821.
10. Chan T. T. *Strukturno-konformatsionnye prevrashcheniia makromolekul fotograficheskogo zhelatina v vodnykh rastvorakh. Dis. ... kand. tekhn. nauk* [Structural and conformational transformations of photogelatin macromolecules in water solutions. Diss. ... Cand.Tech.Sci.]. Saint-Petersburg, 1992. 208 p.
11. Iakubova O. S., Bekesheva A. A., Guseva D. A. Sravnitel'naia kharakteristika svoistv zhelatina razlichnogo proiskhozhdeniia [Comparative characteristics of properties of gelatin of different origin]. *Materialy IV Mezhdunarodnogo Baltiiskogo morskogo foruma*. Kaliningrad, Izd-vo BGARF, 2016. Pp. 1528-1538.
12. Choi S. S., Regenstein J. M. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. *Journal of Food Science*, 2000, vol. 65, no. 2, pp. 194-199.
13. Gilenan P. M., Ross-Murphy S. B. Rheological characterization of gelatins from mammalian and marine sources. *Food Hydrocolloids*, 2000, vol. 146, no. 3, pp. 191-195.
14. Gomez-Guillen M. S., Turnay J., Fernandez-Diaz M. D., Ulmo N., Lizarbe M. A., Montero R. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 2002, vol. 16, no. 1, pp. 5-34.
15. Bekesheva A. A., Iakubova O. S. Formirovanie potrebitel'skikh svoistv zhelirovannykh sladkikh blud s ispol'zovaniem netraditsionnykh ingredientov [Developing consumer values in jelled desserts using nontraditional ingredients]. *Prodovol'stvennaia bezopasnost': nauchnoe, kadrovoe i informatsionnoe obespechenie: materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*. Voronezh, Izd-vo VGUI, 2017. Pp. 146-152.
16. Dvorianinova O. P., Antipova L. V. *Akvakul'turnye bioresursy: nauchnye osnovy i innovatsionnye resheniia: monografiia* [Aquaculture bioresources: scientific backgrounds and innovative decisions: monograph]. Voronezh, Izd-vo VGUI, 2012. 419 p.
17. Sakvarelidze M. A. *Reshaiushchaia rol' prirody zhelatiny pri khimicheskoi modifikatsii zhelatinsoderzhashchikh sistem. Dis. ... d-ra khim. nauk* [Critical role of gelatin nature in chemical modification of gelatin-containing systems]. Moscow, 2003. 299 p.
18. Veis A. *Molekuliarnaia khimiia zhelatina* [Molecular chemistry of gelatin]. Moscow, Pishch. prom-st' Publ., 1971. 478 p.
19. Dzhafarov A. F. *Proizvodstvo zhelatina* [Gelatin production]. Moscow, Agropromizdat, 1990. 287 p.

The article submitted to the editors 27.04.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Iakubova Olesia Sergeevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Technology of Goods and Commodity Science; o.c.yakubova@mail.ru.

Bekesheva Adelia Adlerovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Technology of Goods and Commodity Science; abaygalieva@mail.ru.

