

УДК 637.025

Поступила в редакцию 10.06.2019  
Received 10.06.2019**О.В. Дымар<sup>1</sup>, Т.И. Дымар<sup>2</sup>, М.Р. Яковлева<sup>3</sup>**<sup>1,3</sup>*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь*<sup>1,2</sup>*Представительство АО «МЕГА» в Республике Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь***ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛАТИНА  
ПРИ ПОМОЩИ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования применения процессов ультрафильтрации для концентрирования желатинового бульона с целью сокращения энергозатрат и электродиализа для деминерализации в технологии производства желатина. Исследован состав, физико-химические свойства сырья и продуктов, как массовая доля сухих веществ, золы, белкового и небелкового азота, а также содержание отдельных микроэлементов. Изучен процесс глубокой деминерализации желатинового бульона и по результатам выстроена зависимость снижения удельной электропроводности от продолжительности процесса электродиализа. Показано, что применение баромембранных технологий позволяет добиться четырехкратного концентрирования исходного сырья, что делает возможным снизить в 4 раза мощность вакуум-выпарных установок. Также применение электродиализа делает возможным получение продукта с остаточной зольностью ниже предела определения стандартными методами. Результаты исследования показали, что применение мембранных технологий позволяет значительно снизить энергозатраты на сушку желатина и повысить качество готового продукта.

**Благодарности:** Работа выполнена при поддержке компании MEGA a.s. (Чешская Республика) и ОАО «МОЖЕЛИТ» (Республика Беларусь).

**Ключевые слова:** деминерализация, желатин, электродиализ, ультрафильтрация, мембранные технологии, вакуум-выпарная установка, зольность, удельная электропроводимость

**O.V. Dymar<sup>1</sup>, T.I. Dymar<sup>2</sup>, M.R. Yakovleva<sup>3</sup>**<sup>1,3</sup>*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus*<sup>1,2</sup>*Representative of MEGA a.s. in Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***IMPROVING THE QUALITY AND ENERGY EFFICIENCY  
OF MANUFACTURING GELATIN USING MEMBRANE TECHNOLOGIES  
WITH MEMBRANE TECHNOLOGY APPLICATION**

**Abstract.** The article presents the results of the research of ultrafiltration and electrodiagnosis application in gelatin production. Ultrafiltration and electrodiagnosis are membrane processes which are used for concentration and demineralization of gelatin broth. The changes in total solids, ash content, protein and non-protein nitrogen content and minerals profile were investigated in samples of raw materials and broth after treatment. Applying of pressure driving membrane technologies allows to achieve concentration of the raw material, which makes it possible to reduce the capacity of evaporators for 4 times. The treatment on the electrodiagnosis membrane makes it possible to obtain deep demineralized product with residual ash content below the limit of determination by standard methods. The relation between the decrease in electrical conductivity and the duration of the electrodiagnosis was displayed in diagram. According to the study the use of membrane technology can significantly reduce the energy consumption for evaporation gelatin and improve the quality of the finished product.

**Acknowledgements:** This work was supported by the MEGA a.s. (Czech Republic) and JSC Mogelit (Republic of Belarus).

**Keywords:** demineralization, gelatin, electrodiagnosis, ultrafiltration, membrane technology, evaporators, electrical conductivity, ash content

Желатин — аморфное бесцветное, в сухом виде блестящее белковое соединение без ярко выраженного вкуса и запаха. В элементный состав продукта входит: около 50 % углерода, 7 % водорода, 18 % азота, 25 % кислорода, сера, фосфор, кальций [1].

Для приготовления желатина используется соединительная ткань (коллаген) млекопитающих: кости (бычьи, бараньи, лошадиные и пр.), рыбы остатки на промышленных предприятиях (чешуя, головы и пр.), свиные шкуры, спилки шкур крупного рогатого скота, костная крошка и пр. [2, 3]. Пищевой желатин используется в кондитерской промышленности для приготовления кремов, желе, мороженого, фруктов в желе. Добавляется в качестве загустителя в кисломолочные и консервные продукты [4]. В виноделии используют для осветления труднофильтруемых виноматериалов и исправления грубых виноматериалов с повышенной терпкостью. Технический желатин применяют в текстильной и косметической промышленности [5]. Желатин — один из материалов для изготовления фото и киноплёнки, он также служит склеивающим компонентом для фотобумаги. Медицинский желатин применяется для изготовления оболочек для лекарств (капсул) и как плазмозамещающее средство. Полиграфический желатин используется для изготовления типографических красок для денег, газет, журналов [6, 7].

Производство желатина связано с отделением влаги, что в классическом варианте технологии требует значительных затрат тепловой энергии. Стабильность качества конечного продукта требует снижения содержания золы в конечном продукте [8, 9].

Целью исследования является изучение возможности повышения эффективности производства желатина путем применения мембранных технологий.

Исходя из поставленной цели, определены следующие задачи:

1. Изучить технологические возможности процесса ультрафильтрации для снижения содержания минеральных веществ и сокращения энергозатрат на выпаривание желатинового бульона (концентрирования).

2. Определить технически достижимый предел деминерализации желатина путем электродиализа.

**Материалы и методы исследований.** Образцы продукта для исследований были отобраны непосредственно на технологической линии завода ОАО «МОЖЕЛИТ». Для проведения электродиализа использована пилотная установка ED(R)-Y производства «MEGA a.s.», исследования проведены на технологической базе РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Известно, что мембранные технологии позволяют проводить фракционирование продукта, то есть выделение отдельных компонентов раствора (суспензии, эмульсии, истинного раствора) с сохранением их нативных свойств [10]. Движущей силой процесса является разность давлений и тангенциальная скорость потока продукта над мембраной, являющейся основным рабочим органом. Мембрана представляет собой пористый материал, выполненный из пластика или керамики, и имеет заданный размер пор (отверстий), определяющий назначение мембраны [11]. На рис. 1 представлена схема концентрирования отдельных компонентов сырья при использовании различных видов мембран.

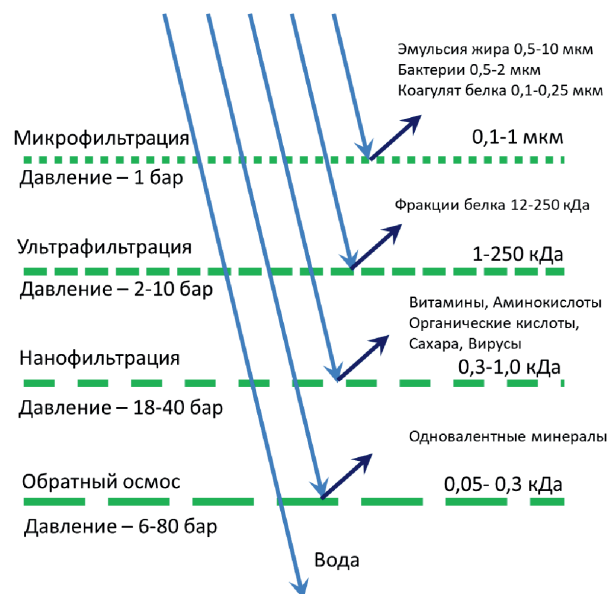


Рис. 1. Схема разделения сырья при применении баромембранных процессов  
 Fig. 1. The scheme of separation of raw materials treated by pressure driving membrane process



Рис. 2. Фотография УФ установки для получения концентрата желатина (<http://gelatin.by/pictures/production-gelatin-3.jpg>, дата доступа 11.06.2019 г.) [3]  
 Fig. 2. Photograph of the UF apparatus for gelatin concentrate obtaining. (<http://gelatin.by/pictures/production-gelatin-3.jpg>, access data 11.06.2019) [3]

Для наших целей лучше всего подходит ультрафильтрация — баромембранный процесс, в результате которого происходит разделение и концентрирование исходной смеси на две фракции: концентрат (ретентат) и фильтрат (пермеат). В ретентат переходят белки из исходного сырья и частично задерживаются минеральные вещества. Пермеат представляет собой воду с небольшим содержанием минеральных веществ [12].

При последующей сушке пермеата полученный сухой продукт имеет технологические показатели: остаточное содержание влаги менее 10 %, зольность 1,0–1,5 %. Для сравнения, традиционная технология обеспечивает получение продукта с содержанием золы до 3 % в сухом веществе. Таким образом, применение технологической операции ультрафильтрационного концентрирования приводит к снижению зольности готового продукта. Основные физико-химические показатели исходного желатинового бульона и полученных в результате ультрафильтрации ретентата и пермеата представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химический состав желатинового бульона и продуктов ультрафильтрации  
 Table 1. Physicochemical composition of gelatin broth and ultrafiltration products

| Наименование показателя   | Бульон желатин содержащий | Ретентат             | Пермеат            |
|---|---------------------------|----------------------|--------------------|
| Массовая доля сухих веществ, %  | 4,6                       | 13,5                 | 0,2                |
| Массовая доля золы, %   | 0,15<br>(3,26% в СВ)      | 0,19<br>(1,4 % в СВ) | 0,09<br>(45% в СВ) |
| pH  | 6,61                      | 6,83                 | 6,98               |
| Титруемая кислотность, °Т   | 0,80                      | 0,80                 | 0,60               |
| Удельная электропроводимость, мСм/м   | 1,24                      | 1,44                 | 1,64               |
| Массовая доля жира, %   | Отс.                      | Отс.                 | Отс.               |
| Массовая доля общего азота, %   | 0,752                     | 2,457                | 0,025              |
| Массовая доля общего белка (коллагена), %<br>NЧ5,62                           | 4,23                      | 14,03                | 0,144              |
| Массовая доля небелкового азота, %  | 0,083                     | 0,066                | 0,025              |
| Нитраты, мг/кг  | Отс.                      | Отс.                 | Отс.               |
| Нитриты, мг/кг  | Отс.                      | Отс.                 | Отс.               |
| Массовая доля фосфора, %  | Отс.                      | Отс.                 | Отс.               |
| Массовая доля общего фосфора в пересчёте на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , % | 0,0024                    | 0,0048               | 0,00092            |
| Натрий, мг/кг   | 130,2                     | 163,0                | 101,8              |
| Калий, мг/кг  | 8,4                       | 9,4                  | 5,8                |
| Кальций, мг/кг  | 284,0                     | 471,2                | 144,2              |
| Магний, мг/кг   | 38,6                      | 59,1                 | 21,0               |

Установлено, что путем ультрафильтрации можно добиться четырехкратного концентрирования исходного бульона. Это позволяет снизить количество свободной влаги примерно на 77 % [13].

Достижению более высоких концентраций на мембранных установках препятствуют определенные технические сложности. Это связано со значительным ростом вязкости обрабатываемого продукта при удалении влаги из продукта [14]. В ходе исследований установлено, что при вязкости исходного бульона 4,3 мПаЧс, вязкость концентрата при 10 % сухих веществ составляет 28 мПаЧс, а при 13 % — 58,5 мПаЧс.

Так как часть минеральных веществ при ультрафильтрации удаляется с фильтратом, то в процессе концентрирования происходит также частичная деминерализация целевого продукта [15]. Согласно полученным результатам, деминерализация при ультрафильтрации составила 57 %. В ходе процесса наблюдается концентрирование макроэлементов: содержание общего азота увеличилось в 3,3 раза, что обусловлено повышением концентрации коллагена, общего фосфора — в 2 раза, натрия — в 1,2 раза, кальция — в 1,7 раза, магния — в 1,5 раза и калия — в 1,1 раза. Видно, что одновалентные ионы легко уходят в фильтрат, а двухвалентные сильнее связаны с белковыми структурами коллагена и их выделение несколько ниже.

Использование мембранной технологии в производственной линии завода позволило снизить количество вакуум-выпарных аппаратов, применяемых перед сушкой желатина [16]. Положительный эффект достигнут за счет удаления основного объема свободной влаги (70,1 % от начального количества) из желатинового бульона на ультрафильтрационной установке. Ступение перед сушкой по традиционной технологии требовало 4 вакуум-выпарных аппаратов, после внедрения мембранного концентрирования достаточно одного [17].

Для более глубокого снижения зольности в готовом продукте возможно провести деминерализацию с использованием электродиализа — процесса электрофизического разделения веществ, основанного на переносе образовавшихся ионов через мембраны под действием разности потенциалов, создаваемой в растворе по обе стороны мембран. Первоначальный раствор, из которого необходимо убрать электролиты, называется дилуат, а раствор, в который эти электролиты переходят, — концентрат. В аппарате находятся два типа мембран: катионные и анионные, через которые проходят положительно и отрицательно заряженные частицы, соответственно [18]. Соседние мембраны образуют камеры, в которых поочередно собирается концентрат и дилуат, как показано на рис. 3. Для возможности циркуляции растворов между мембранами находится спейсер — разделитель, толщина которого зависит от вязкости продуктов [19].

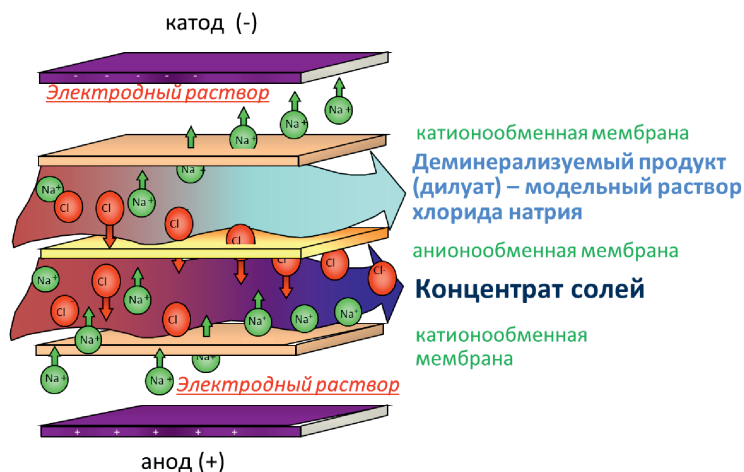


Рис. 3. Процесс электрофизического обессоливания в элементарной рабочей ячейке электродиализной установки  
Fig. 3. The process of electrophysical desalination in the elementary working cell of the electrodesalination unit

Блок-схема технологического процесса, включающего глубокую деминерализацию желатина электродиализом и концентрирование при помощи ультрафильтрации, представлена на рис. 4.

Для исследования процесса электродиализа использовали желатиновый бульон после предварительной очистки. Лимитирующим фактором при обработке желатинового бульона на мембранах является вязкость, которая зависит не только от состава исходного сырья и методов его обработки, но и от температуры процесса [20]. С другой стороны, повышение температуры приводит к более глубокому гидролизу коллагена и снижению качества продукта [21]. В качестве рабочей температуры для проведения испытания принята температура 40 °С.

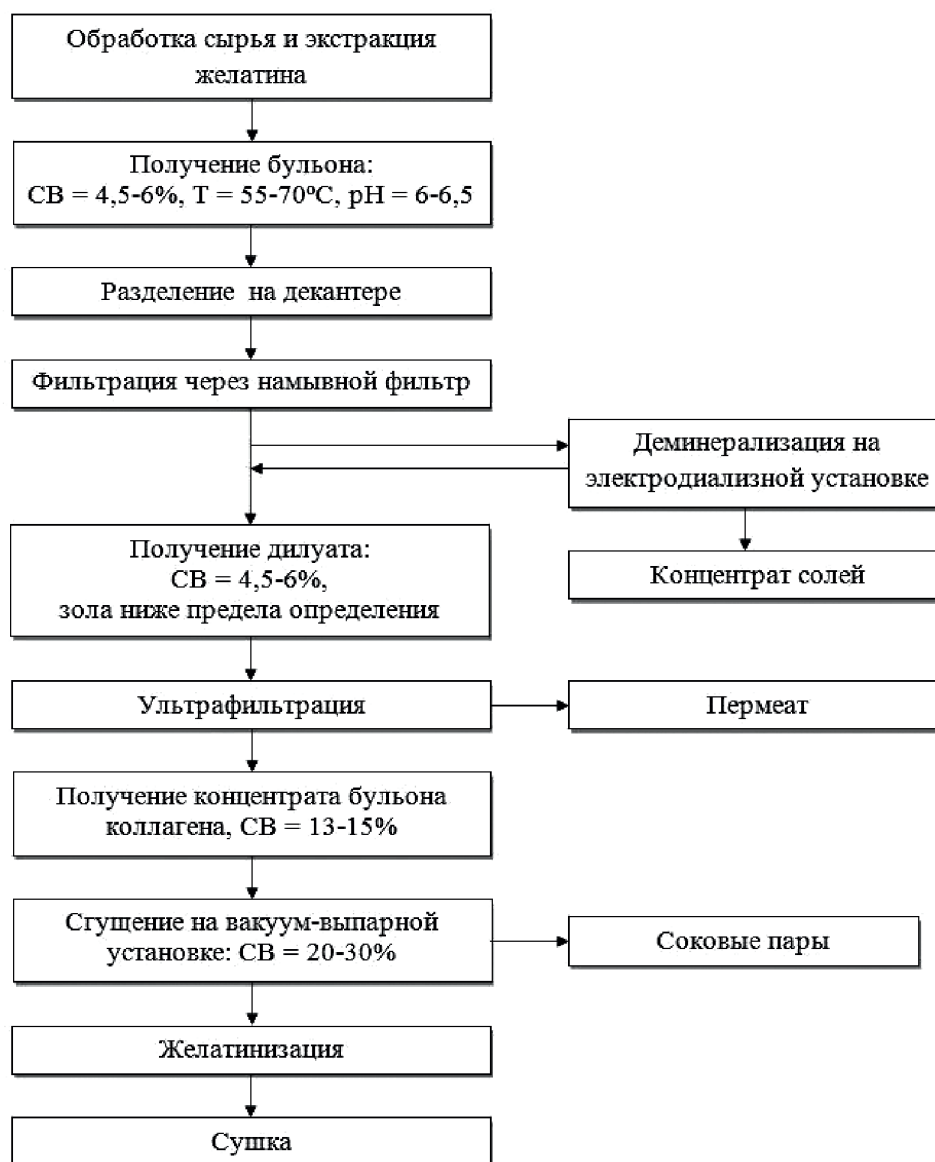


Рис. 4. Схема деминерализации желатинового бульона  
Fig. 4. The scheme of demineralization of the gelatin broth

Показатели исходного бульона и продуктов после деминерализации приведены в табл. 2. График изменения электропроводимости представлен на рис. 5.

В ходе деминерализации зольность бульона достигла уровня ниже возможности метода определения. Практически это означает полное отсутствие минеральных веществ в желатине после обработки. За счет более активного удаления катионов из продукта снизилась его активная кислотность на 1,42 ед. рН. В ходе опытов достигнуто удаление ионов натрия на 65 %, калия на 83,8 % и магния на 83,9 %, кальция более чем на 95 %. Анионы хлора удалены почти полностью, а содержание сульфат-ионов сократилось на 65,7 %.

Анализ полученных данных показывает, что содержание сухих веществ изменилось незначительно. Исследование показало, что процесс деминерализации желатинового бульона идет с высокой скоростью выделения катионов.

**Выводы:**

1. Применение ультрафильтрации снижает количество свободной влаги в желатиновом бульоне на 70 %, что понижает нагрузку на вакуум-выпарные аппараты на 77 %. Таким образом достигается значительное снижение потребления тепловой энергии при получении концентрата желатина. Установлено, что при концентрировании в пермеат уходят растворимые низкомолекулярные соединения, что обеспечивает фактическое снижение зольности целевого продукта на 57 %.



Таблица 2. Показатели деминерализации бульона для желатина  
Table 2. Indicators of demineralization of gelatin broth

| Наименование показателя            | Желатин исходный из установки | Желатин после ЭД | Концентрат солей после ЭД |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| Массовая доля сухих веществ, %     | 4,4                           | 4,4              | 0,09                      |
| Массовая доля золы, %              | 0,06 (1,36%)                  | Отс.             | 0,08                      |
| pH                                 | 6,20                          | 4,78             | 3,58                      |
| Массовая доля общего азота, %      | 0,794                         | 0,805            | 0,003                     |
| Массовая доля коллагена, % NЧ5,62  | 4,46                          | 4,52             | 0,02                      |
| Массовая доля небелкового азота, % | 0,060                         | 0,095            | Отс.                      |
| Натрий, мг/л                       | 63,57                         | 22,51            | 152,41                    |
| Калий, мг/л                        | 29,13                         | 4,73             | 70,28                     |
| Кальций, мг/л                      | 93,95                         | < 9,5            | 200,9                     |
| Магний, мг/л                       | 33,13                         | 5,32             | 87,83                     |
| Хлор-ионы, мг/дм <sup>3</sup>      | 350,0                         | 12,0             | 510,0                     |
| Сульфат-ионов, мг/дм <sup>3</sup>  | 0,181                         | 0,119            | 0,315                     |

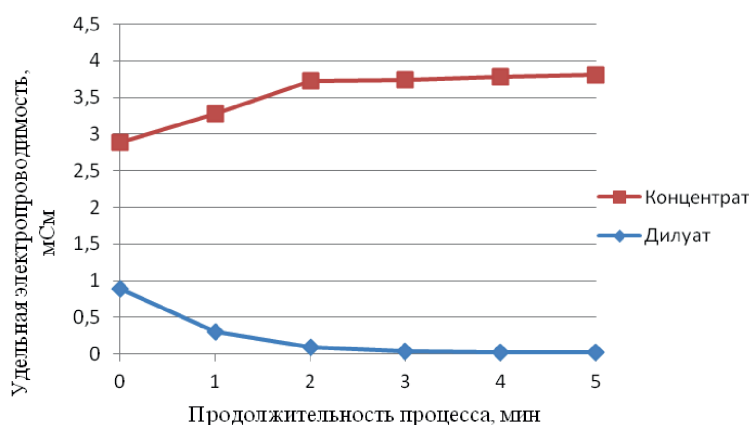


Рис. 5. Изменение электропроводности дилуата и концентрата в процессе электродиализа  
Fig. 5. The changes in electrical conductivity in dilute and concentrate during electrodesalination

2. Применение процесса электродиализа в производстве желатина позволяет снизить зольность бульона до уровня ниже возможности метода определения, что делает возможным получение продукта особых кондиций и стабильного качества по показателю зольность независимо от качества исходного сырья.

#### Список использованных источников

1. Желатин. Технические условия: ГОСТ 11293-89. — Введ. 01.07.91. — Москва: Государственный агропромышленный комитет СССР, переиздание 2001. — 9 с.
2. Технология производства желатина [Электронный ресурс] / Официальный сайт ОАО «Можелит». — 2014. — Режим доступа: <http://gelatin.by/partners/technology>. — Дата доступа: 15.08.2019.
3. Gilsean, P.M. Viscoelasticity of thermo reversible gelatin gels from mammalian and piscine collagen / P.M. Gilsean, S.B. Ross-Murphy // Journal of Rheology. — 2000. — № 44. — P. 871–882.
4. Ильина, С.И. Электромембранные процессы: учеб. пособие / С.И. Ильина — М: РХТУ им. Менделеева, 2013. — 57 с.
5. Производство и применение желатина в пищевой промышленности [Электронный ресурс] / Электронный архив Национального университета пищевых технологий. — Киев, 2005. — Режим доступа: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10331/1/Production%20and%20use.pdf>. — Дата доступа: 15.08.2019.
6. Производство желатина. Современные технологии производства желатина Gelita и его производных [Электронный ресурс] / КоллагенПром. — 2016. — Режим доступа: [https://hay-farm.ru/images/files/buklet\\_gelatine\\_production\\_russian-1.pdf](https://hay-farm.ru/images/files/buklet_gelatine_production_russian-1.pdf). — Дата доступа: 15.08.2019.

7. Гаршина, Т.И. Переработка молочной сыворотки с помощью электродиализа / Т.И. Гаршина // Молочная промышленность. — 2012. — №11. — С. 55–57.
8. Джафаров, А.Ф. Производство желатина / А.Ф. Джафаров. — Москва: Агропромиздат, 1990. — 287 с.
9. Кецелашвили, Д.В. Технология мяса и мясных продуктов: учеб. пособие: в 3 ч. / Д.В. Кецелашвили. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. — Ч. 3. — 115 с.
10. Производство желатина [Электронный ресурс] / Интернет-портал Учебные материалы и документы. — 2014. — Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/d1gATHMwMaM.html>. — Дата доступа: 15.08.2019.
11. Подготовка и характеристика желатинов из шкур синего крокера (*Johnius dussumieri*) и короткого лопатки (*Decapterus macrosoma*) / К.С. Чеу, М.С. Нориза, З.Ю. Кьяу, Н.К. Хауэлл // *Food Chemistry*. — 2007. — № 101. — С. 386–391.
12. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. / S.M. Cho, K.S. Kwak, D.C. Park, Y.S. Gu, C.I. Ji, D.H. Jang. // *Food Hydrocolloids*. — 2004. — № 18. — P. 573–579.
13. Технологии мембранной фильтрации технологических растворов и сред. Производство желатина [Электронный ресурс] / Информационный ресурс ВФСТех.ru. — 2014. — Режим доступа: <https://membrane.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0231/231269.my7f33fo1x.pdf>. — Дата доступа: 15.08.2019.
14. Машины и аппараты пищевых производств: учеб. пособие / С.Т. Антипов [и др.]; под ред. В.А. Панфилова. — М.: Высш. шк., 2001. — 703 с.
15. Технология мяса и мясных продуктов: в 3 томах. / сост.: И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. — Москва: КолосС, 2009. — Т.1. : Общая технология мяса. — 565 с.
16. Производство желатина из кости [Электронный ресурс] / Все о технологии мяса. — 2012. — Режим доступа: <http://promeat-industry.ru/tehnologiya-myasa/213-proizvodstvo-zhelatina-iz-kosti-chast-1.html>. — Дата доступа: 15.08.2019.
17. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию: учеб. пособие / М. Мулдер. — Москва: Мир, 1999. — 513 с.
18. Джонсон-Бэнкс, Ф.А. Желатин. Пищевые гели / Ф.А. Джонсон-Бэнкс // Elsevier Applied Food Science Series, New York. — 2007. — С. 233–289.
19. Области применения желатина [Электронный ресурс] / Официальный сайт ОАО «Можелит». — Могилев, 2014. — Режим доступа: [http://gelatin.by/pictures/sfery\\_primenenija\\_zhelatina.pdf](http://gelatin.by/pictures/sfery_primenenija_zhelatina.pdf). — Дата доступа: 15.08.2019.
20. Оборудование для производства желатина [Электронный ресурс] / Официальный сайт Агро-маш — пищевое оборудование. — 2006. — Режим доступа: <http://www.agro-mash.ru/ob-proizv-gelatin.htm>. — Дата доступа: 15.08.2019.
21. Промышленное производство желатина — Теория и практика [Электронный ресурс] / Интернет-портал АCADEMIA. — 2014. — Режим доступа: [https://www.academia.edu/8410348/Industrial\\_Gelatin\\_Manufacture-Theory\\_and\\_Practice](https://www.academia.edu/8410348/Industrial_Gelatin_Manufacture-Theory_and_Practice). — Дата доступа: 15.08.2019.

## References

1. Gelatin. Tehnicheskie usloviya. [*Gelatin. Technical conditions.*] GOST 11293-89. — Enter 07.01.01. — Moscow: USSR State Agricultural and Industrial Committee, 2001. — 9 p. (in Russian).
2. Tekhnologiya proizvodstva zhelatina. [*Technology of production of gelatin.*] // Official website JSC «Mogelit» [Electronic resource] — 2014. — Mode of access: <http://gelatin.by/partners/technology>. — Date of access: 07.05.2019 (in Russian).
3. Gilsenan P.M. Viscoelasticity of thermo reversible gelatin gels from mammalian and piscine collagen. / P.M. Gilsenan, S.B. Ross-Murphy // *Journal of Rheology*. — 2000. — № 44. — P. 871–882 (in Russian).
4. Пина С.И. Электромембранные процессы [*Electromembrane processes*]: tutorial / С.И. Пыина. — М: RHTU named Mendeleev, 2013. — 57 p. (in Russian).
5. Proizvodstvo i primeneniye zhelatina v pishchevoy promyshlennosti. [*Production and use of gelatin in the food industry.*] // eNUFTIR [Electronic resource] — 2014. — Mode of access: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10331/1/Production%20and%20use.pdf>. — Date of access: 07.17.2019 (in Russian).
6. Proizvodstvo zhelatina. Sovremennyye tekhnologii proizvodstva zhelatina Gelita i yego proizvodnykh. [*Gelatin production. Modern technologies for the production of gelatin Gelita and its derivatives.*] // CollagenProm [Electronic resource] — 2016. — Mode of access: [https://hay-farm.ru/images/files/buklet\\_gelatine\\_production\\_russian-1.pdf](https://hay-farm.ru/images/files/buklet_gelatine_production_russian-1.pdf). — Date of access: 05.07.2019 (in Russian).

7. Garshina T.I. Pererabotka molochnoy syvorotki s pomoshch'yu elektrodializa [*Processing milk whey with the help of the electrodialysis*] / T.I. Garshina // Dairy industry. — 2012. — №11. — p. 55–57 (in Russian).
8. Dzhafarov A.F. Proizvodstvo zhelatina. [*Gelatin production.*] / A.F. Dzhafarov. — Moscow: Agropromizdat, 1990. — 287 p. (in Russian).
9. Kecelashvili D.V. Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov. [*Technology of meat and meat products*]: tutorial: in 3 parts / D.V. Kecelashvili. — Kemerovo: Kemerovo Institute of Food Science and Technology, 2004. — P. 3. — 115 p. (in Russian).
10. Proizvodstvo zhelatina. [*Gelatin production.*] // Internet-portal Educational materials and documents. [Electronic resource] — 2014. — Mode of access : <https://works.doklad.ru/view/d1gATHMwMaM.html>. — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).
11. Preparation and characterisation of gelatins from the skins of sin croaker (*Johnius dussumieri*) and shortfin scad (*Decapterus macrosoma*) / C.S. Cheow [et al.] // Journal of Food Chemistry. — 2007. — №101. — p. 386–391.
12. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. / S.M. Cho, K.S. Kwak, D.C. Park, Y.S. Gu, C.I. Ji, D.H. Jang. // Food Hydrocolloids. — 2004. — №18. — P. 573–579.
13. Tekhnologii membrannoy fil'tratsii tekhnologicheskikh rastvorov i sred. Proizvodstvo zhelatina. [*Technologies of membrane filtration of technological solutions and media. Gelatin production.*] // Information resource BFCtech.ru [Electronic resource] — 2014. — Mode of access : <https://membrane.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0231/231269.my7f33fo1x.pdf>. — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).
14. Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv. [*Machines and devices for food production.*] Tutorial / S.T. Antipov [et al]; ed. V.A. Panfilov. — M.: Vysh. shk., 2001. — 703 p. (in Russian).
15. Rogov I.A. Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov. [*Technology of meat and meat products.*]: in 3 books / authors: I.A. Rogov, A.G. Zabashta, G.P. Kazyulin. — M: ColosS, 2009. — Book 1: Obshchaya tekhnologiya myasa = General technology of meat. — 565 p. (in Russian).
16. Proizvodstvo zhelatina iz kosti. [*Production of gelatin from the bone.*] // Vse o proizvodstve myasa [*All about meat processing*]. [Electronic resource] — 2012. — Mode of access : <http://promeat-industry.ru/tehnologiya-myasa/213-proizvodstvo-zhelatina-iz-kosti-chast-1.html>. — Date of access: 05.07.2019 (in Russian).
17. Mulder M. Vvedeniye v membrannuyu tekhnologiyu. [*Introduction to membrane technology*] Tutorial / M. Mulder. — Moscow: Mir, 1999. — 513 p. (in Russian).
18. Johnston-Banks FA. Gelatin. Food gels. / F.A. Johnston-Banks // Elsevier Applied Food Science Series. — 2007. — p. 233–289 (in Russian).
19. Oblasti primeneniya zhelatina. [*Application areas of gelatin.*] // Official website JSC «Mogelit» [Electronic resource] — 2014. — Mode of access : [http://gelatin.by/pictures/sfery\\_primeneniya\\_zhelatina.pdf](http://gelatin.by/pictures/sfery_primeneniya_zhelatina.pdf). — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).
20. Oborudovaniye dlya proizvodstva zhelatina. [*Equipment for the production of gelatin.*] // Official website Agromash — foodstuffs equipment. [Electronic resource] — 2006. — Mode of access : [www.agro-mash.ru/ob-proizv\\_gelatin.htm](http://www.agro-mash.ru/ob-proizv_gelatin.htm). — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).
21. Industrial Gelatin Manufacture-Theory and Practice. // Internet-portal ACADEMIA. [Electronic resource] — 2014. — Mode of access : [https://www.academia.edu/8410348/Industrial\\_Gelatin\\_Manufacture-Theory\\_and\\_Practice](https://www.academia.edu/8410348/Industrial_Gelatin_Manufacture-Theory_and_Practice). — Date of access : 05.07.2019 (in Russian).

#### Информация об авторах

*Дымар Олег Викторович* — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [dymarov@tut.by](mailto:dymarov@tut.by).

*Дымар Татьяна Иосифовна* — директор представительства АО «MEGA a.s.», г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: [Tatiana.Dymar@mega.cz](mailto:Tatiana.Dymar@mega.cz).

*Яковлева Мария Романовна* — инженер-технолог РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [sugar@belproduct.com](mailto:sugar@belproduct.com).

#### Information about authors

*Dymar Oleg V.* — ing., Ph.D, D.E.Sc., Professor, Chief Researcher of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova st., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [dymarov@tut.by](mailto:dymarov@tut.by).

*Dymar Tatyana I.* — director in the representative office «MEGA a.s.» (Czech Republic) in the Republic of Belarus. E-mail: [Tatiana.Dymar@mega.cz](mailto:Tatiana.Dymar@mega.cz).

*Yakovleva Maryia R.* — engineer-technologist of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova st., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [sugar@belproduct.com](mailto:sugar@belproduct.com).