





## Совершенствование технологии концентрирования пектинового экстракта из плодово-ягодных отходов ликёро-водочного производства





Светлана В. Жуковская	<sup>1</sup>	<a href="mailto:zhu2165@yandex.ru">zhu2165@yandex.ru</a>	 0000-0002-2324-6340
Дмитрий А. Казарцев	<sup>1,2</sup>	<a href="mailto:kda_79@mail.ru">kda_79@mail.ru</a>	 0000-0001-6597-2327
Мария В. Бабаева	<sup>1</sup>	<a href="mailto:m-babaeva@mail.ru">m-babaeva@mail.ru</a>	 0000-0003-2258-3828
Софья И. Сахарова	<sup>2</sup>	<a href="mailto:tzekur@gmail.com">tzekur@gmail.com</a>	 0009-0007-8383-5618

<sup>1</sup> Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной Вал, д. 73, г. Москва, 109004, Россия  
<sup>2</sup> Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, д.36, г. Москва, 115054, Россия

**Аннотация.** Дефицит пектина на отечественном рынке и необходимость рационального использования вторичных сырьевых ресурсов обуславливают актуальность поиска новых источников этого полисахарида. Перспективным сырьём являются деалкоголизованные плодово-ягодные выжимки ликёроводочного производства, которые образуются после снятия спиртованных морсов и сохраняют до 5 % пектиновых веществ в пересчёте на абсолютно сухое вещество, поскольку пектин не растворим в спирте и остаётся в твёрдой фракции. Целью работы являлось совершенствование технологии получения и концентрирования пектинового экстракта из деалкоголизованных выжимок рябины с применением мембранных методов разделения. Разработан двухстадийный способ ферментативно-кислотного гидролиза-экстрагирования: на первой стадии измельчённые выжимки заливали водой при гидромодуле 1:15, вносили ферментный препарат Рапидаза Пресс из расчёта 40 ед/г пектина и выдерживали при 50 °С и pH 4,0–4,3 в течение 2 ч; на второй стадии экстракт подкисляли 10 %-ной соляной кислотой до pH 2,0 и выдерживали при 70 °С в течение 2 ч. Для концентрирования полученного экстракта проведён сравнительный анализ шести ультрафильтрационных мембран марок УПМ и УФМ с различной производительностью и селективностью по глобулину. По совокупности показателей — коэффициента концентрирования, потерь пектиновых веществ и стабильности процесса — наилучшие результаты обеспечивает мембрана УПМ-20: коэффициент концентрирования 2,93 при потерях не более 12 %. Полученный пектин относится к низкометоксилированным (степень этерификации 49 %) и характеризуется комплексообразующей способностью 157 мг Pb<sup>2+</sup>/г, полиуронидной составляющей 79 %, содержанием карбоксильных групп 9,66 %, ацетильных групп 1,05 % и pH 3,3. На основании экспериментальных данных предложена аппаратно-технологическая схема, исключая стадию осаждения пектина этанолом и заменяющая вакуум-выпаривание ультрафильтрационным концентрированием, что снижает энергозатраты и устраняет необходимость использования пожаро- и взрывоопасных органических растворителей.

**Ключевые слова:** пектин, рябиновые выжимки, вторичное сырьё, ультрафильтрация, мембранное концентрирование, ферментативно-кислотный гидролиз, степень этерификации, комплексообразующая способность.

## Improvement of the technology for concentrating pectin extract from fruit and berry waste of liqueur and vodka production

Svetlana V. Zhukovskaya	<sup>1</sup>	<a href="mailto:zhu2165@yandex.ru">zhu2165@yandex.ru</a>	 0000-0002-2324-6340
Dmitriy A. Kazartsev	<sup>1,2</sup>	<a href="mailto:kda_79@mail.ru">kda_79@mail.ru</a>	 0000-0001-6597-2327
Maria V. Babaeva	<sup>1</sup>	<a href="mailto:m-babaeva@mail.ru">m-babaeva@mail.ru</a>	 0000-0003-2258-3828
Sofia I. Sakharova	<sup>2</sup>	<a href="mailto:tzekur@gmail.com">tzekur@gmail.com</a>	 0009-0007-8383-5618

<sup>1</sup> K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (The First Cossack University) 73 Zemlyanoy Val street, Moscow, 109004, Russia

<sup>2</sup> Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 115054, Russia

**Abstract.** The shortage of pectin on the domestic market and the need for the rational use of secondary raw materials make the search for new sources of this polysaccharide a pressing issue. A promising raw material is de-alcoholized fruit and berry pomace from liqueur and vodka production, which is generated after the removal of alcohol-infused juices and retains up to 5% pectin substances on a dry-weight basis, since pectin is insoluble in alcohol and remains in the solid fraction. The aim of this work was to improve the technology for obtaining and concentrating pectin extract from de-alcoholized rowan pomace using membrane separation methods. A two-stage enzymatic-acid hydrolysis-extraction method was developed: in the first stage, the ground pomace was mixed with water at a solid-to-liquid ratio of 1:15, the enzyme preparation Rapidase Press was added at 40 U/g of pectin, and the mixture was kept at 50 °C and pH 4.0–4.3 for 2 hours; in the second stage, the extract was acidified with 10% hydrochloric acid to pH 2.0 and kept at 70 °C for 2 hours. To concentrate the resulting extract, a comparative analysis was performed using six ultrafiltration membranes of the UPM and UFM types, differing in permeability and globulin retention selectivity. Based on a set of parameters—concentration factor, pectin losses, and process stability—the UPM-20 membrane provided the best results, with a concentration factor of 2.93 and losses not exceeding 12%. The obtained pectin is classified as low-methoxyl (degree of esterification 49%) and is characterized by a complexing capacity of 157 mg Pb<sup>2+</sup>/g, a polyuronide content of 79%, carboxyl group content of 9.66%, acetyl group content of 1.05%, and pH 3.3. Based on the experimental data, a hardware-and-process flow diagram was proposed that eliminates the ethanol precipitation step and replaces vacuum evaporation with ultrafiltration concentration, thereby reducing energy consumption and eliminating the need for flammable and explosive organic solvents.

**Keywords:** pectin, rowan pomace, secondary raw materials, ultrafiltration, membrane concentration, enzymatic acid hydrolysis, degree of esterification, complexing ability.

Для цитирования

Жуковская С.В., Казарцев Д.А., Бабаева М.В., Сахарова С.И. Совершенствование технологии концентрирования пектинового экстракта из плодово-ягодных отходов ликёро-водочного производства // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 2. С. 220–226. doi:10.20914/2310-1202-2026-2-220-226

For citation

Zhukovskaya S.V., Kazartsev D.A., Babaeva M.V., Sakharova S.I. Improvement of the technology for concentrating pectin extract from fruit and berry waste of liqueur and vodka production. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 2. pp. 220–226. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-2-220-226

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Введение

Пектин применяется в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Существующую проблему дефицита пектина на отечественном рынке нужно решать [1–3]. Учитывая, что пектин получают в основном из отходов консервной, овощесушильной и сахароперерабатывающей промышленности, одним из перспективных направлений можно считать получение пектина из dealкоголизированных выжимок плодово-ягодного сырья, используемого в ликёро-водочной промышленности для получения соков и морсов. Выжимки содержат большое количество ценных веществ, одним из которых является пектин, не растворимый в спирте: при получении спиртованных соков и морсов он в основном остаётся в сырье. Содержание пектиновых веществ может достигать 10% в пересчете на сухое вещество, как, например, в рябиновых dealкоголизированных выжимках. Классическая технология получения пектина включает экстрагирование из сырья с последующими стадиями очистки, осаждения этанолом, вакуум-выпаривания и сушки. Основными недостатками данной схемы являются высокий расход органических растворителей, значительные энергозатраты на стадии концентрирования, а также частичная деструкция макромолекул пектина при термическом воздействии. В связи с этим актуальным направлением является внедрение мембранных методов разделения и концентрирования, позволяющих проводить процесс при щадящих температурных режимах, снизить энергопотребление и исключить использование химических реагентов на стадии концентрирования [4–19].

**Цель работы** – совершенствование технологии очистки и концентрирования пектина в жидких полупродуктах (экстракт рябиновых выжимок) с применением мембранных технологий.

## Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовались рябиновые dealкоголизированные выжимки, полученные после снятия спиртованного морса в технологическом процессе ликёро-водочного производства. Полученные dealкоголизированные выжимки высушивали до влажности 8% при температуре 65 °С в течение 72 часов, а затем использовали для получения пектинового экстракта. Пектиновый экстракт получали в лабораторных условиях.

Процесс гидролиза-экстрагирования проводили под действием 10%-ной соляной кислоты и комплексного ферментного препарата Рапидаза Пресс.

Гидролиз-экстрагирование пектиновых веществ из рябиновых dealкоголизированных выжимок проводили в измельченных выжимках при постоянном перемешивании. Измельченные выжимки заливали дистиллированной водой в соотношении 1:15 по сухому веществу, затем вносили ферментный препарат Рапидаза Пресс из расчета 40 ед пектинэстеразной активности на 1 грамм пектина и выдерживали при температуре 50–52 °С, pH 4,0–4,3 в течение 2 ч. В полученный экстракт вносили 10%-ную соляную кислоту для доведения до pH 2,0 и также выдерживали при температуре 70 °С в течение 2 ч. Полученный экстракт отфильтровывали через бумажный фильтр и использовали для дальнейших исследований. Данные условия экстрагирования приняты по литературным данным [10].

pH измеряли иономером универсальным ЭВ-74. Содержание сухих веществ определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ 5900–2014.

Содержание растворимого пектина и протопектина в исходных выжимках и полученном экстракте определяли карбазольным методом [22].

Функциональный состав молекул пектина (содержание свободных и этерифицированных карбоксильных групп, ацетильных групп) изучали методом кондуктометрического титрования. Степень этерификации рассчитывали, как отношение количества этерифицированных карбоксильных групп к их общему содержанию, выраженное в процентах [20, 21].

Комплексообразующую способность определяли методом, основанным на обработке вязкого раствора пектина стандартным раствором свинца с последующим титриметрическим определением количества несвязанного свинца в надосадочной жидкости. Результат выражали в миллиграммах связанных ионов  $Pb^{2+}$  на 1 г пектина [22].

## Результаты и обсуждение

Для ультрафильтрационного концентрирования использовали шесть типов мембран марок УПМ и УФМ со следующими заявленными техническими характеристиками:

- УПМ-20: производительность по воде 0,15 мл / (см<sup>2</sup>·мин), селективность по глобулину 95,0%;
- УПМ-50: производительность 0,35 мл / (см<sup>2</sup>·мин), селективность 97,0%;
- УПМ-100: производительность 2,0 мл / (см<sup>2</sup>·мин), селективность 98,0%;
- УПМ-200: производительность 3,0 мл / (см<sup>2</sup>·мин), селективность 90,0%;
- УФМ-50: производительность 0,4 мл / (см<sup>2</sup>·мин), селективность 98,0%;
- УФМ-20: характеристики аналогичны УПМ-20 с незначительными отличиями.

Процесс ультрафильтрации проводили на вакуумной установке. В процессе фильтрации отбирали по 50 мл фильтрата. В исходном экстракте, полученных ультрафильтратах и ультраконцентратах определяли содержание сухих веществ, оптическую плотность и концентрацию пектиновых веществ. Для расчетов эффективности концентрирования использовали коэффициент концентрирования, который рассчитывали по формуле отношения содержания пектиновых веществ в концентрате к их содержанию в фильтрате, при расчёте учитывались потери пектиновых веществ, переходящих в фильтрат. Характеристики полученного пектинового экстракта представлены в таблице 1.

Комплексообразующая способность пектина составила 157 мг  $Pb^{2+}$ /г, что соответствует среднему уровню для пектинов из плодового сырья.

Проведены эксперименты по концентрированию пектинового экстракта на шести типах

мембран. В процессе фильтрации определяли объемы полученных фильтрата и концентрата, содержание сухих веществ и пектиновых веществ в каждой фракции. На основании полученных данных рассчитаны коэффициенты концентрирования и потери пектиновых веществ (таблицы 2 и 3).

Таблица 1.  
Показатели пектинового экстракта  
(гидромодуль 1:15)

Показатель   Indicator	Значение   Value
Общее содержание пектиновых веществ, % мас   Total content of pectin substances, % mas	0,25
Степень этерификации, %   Degree of esterification, %	49
Комплексообразующая способность, мг $Pb^{2+}$ /г   Complexing ability, mg $Pb^{2+}$ /g	157

Таблица 2.  
Качественные показатели пектиновых концентрата и фильтрата после ультрафильтрации

Тип мембраны   Type of membrane	Фракция   Fraction	Объем, мл   Volume, ml	Содержание сухих веществ, %   Dry matter content, %	Содержание пектиновых веществ, %   The content of pectin substances, %	Коэффициент концентрирования   Concentration coefficient
УПМ-200   UPM-200	Фильтрат   Filtrate	20,3	1,4	0,15	1,8
	Концентрат   The concentrate	21,5	1,4	0,25	
УПМ-100   UPM-100	Фильтрат   Filtrate	33,4	1,4	0,24	40*
	Концентрат   The concentrate	15,7	1,4	0,20	
УПМ-50   UPM-50	Фильтрат   Filtrate	23,5	1,4	0,21	1,6
	Концентрат   The concentrate	21,5	1,4	0,30	
УПМ-20   UPM-20	Фильтрат   Filtrate	22,0	1,4	0,13	2,93
	Концентрат   The concentrate	25,0	1,4	0,33	
УФМ-50   UFM-50	Фильтрат   Filtrate	23,3	1,4	0,28	69*
	Концентрат   The concentrate	21,5	1,4	0,21	
УФМ-20   UFM-20	Фильтрат   Filtrate	31,0	1,4	0,24	55*
	Концентрат   The concentrate	17,0	1,4	0,24	

\* Примечание: для мембран УПМ-100, УФМ-50, УФМ-20 зафиксировано аномальное соотношение, вероятно, обусловленное нестабильностью процесса или накоплением пектина в примембранном слое.

\* Note: for membranes UPM 100, UFM 50, UFM 20, an abnormal ratio was recorded, probably due to instability of the process or accumulation of pectin in the near-membrane layer.

Таблица 3.  
Потери пектиновых веществ в процессе  
ультрафильтрации

Table 3.  
Loss of pectin substances during ultrafiltration

Тип мембраны   Type of membrane	Потери пектиновых веществ, % мас   Loss of pectin substances, % by weight
УПМ-200   UPM-200	32,8
УПМ-100   UPM-100	11,7
УПМ-50   UPM-50	8,0
УПМ-20   UPM-20	12,0
УФМ-50   UFM-50	12,0
УФМ-20   UFM-20	7,2

Анализ данных таблицы 2 показывает, что наиболее стабильные и воспроизводимые результаты концентрирования достигаются при использовании мембран УПМ-20, УПМ-50 и УПМ-200.

С точки зрения минимизации потерь целевого продукта наилучшие результаты показали мембраны УФМ-20 (потери 7,2%) и УПМ-50 (потери 8,0%). Однако при оценке эффективности концентрирования необходимо учитывать не только потери, но и достигаемую степень концентрирования. Мембрана УПМ-20 позволяет получить коэффициент концентрирования 2,93 при умеренных потерях (12,0%), что является оптимальным балансом для рассматриваемого технологического процесса.

Таким образом, на основании совокупности показателей (коэффициент концентрирования, потери пектиновых веществ, стабильность процесса) для ультрафильтрационного концентрирования пектинового экстракта из рябиновых выжимок рекомендуется использовать мембрану УПМ-20.

Проведено определение полного комплекса аналитических характеристик пектина, полученного после ультрафильтрационного концентрирования и сушки (таблица 4).

Таблица 4.  
Аналитические характеристики пектина из деалкоголизированных выжимок рябины

Table 4.  
Analytical characteristics of pectin from dealcoholized mountain ash pomace

Показатель   Indicator	Значение Value
pH	3,3
Степень этерификации, %   Degree of esterification, %	49
Содержание карбоксильных групп, %   The content of carboxyl groups, %	9,66
Полиуронидная составляющая, %   Polyuronic component, %	79
Содержание ацетильных групп, %   Content of acetyl groups, %	1,05
Комплексообразующая способность, мг Pb <sup>2+</sup> /г   Complexing ability, mg Pb <sup>2+</sup> /g	157

Значение pH 3,3 указывает на умеренную кислотность продукта, что характерно для пектинов, выделенных с применением кислотного гидролиза. Содержание карбоксильных групп (9,66%) и полиуронидная составляющая (79%) свидетельствуют о высокой доле галактуроновой кислоты в составе макромолекулы, что определяет гелеобразующие и комплексообразующие свойства пектина. Содержание ацетильных групп (1,05%) находится в пределах значений, характерных для пектинов из плодово-ягодного сырья, и не оказывает существенного влияния на функциональные свойства.

На основании проведенных экспериментальных исследований разработана аппаратно-технологическая схема получения и концентрирования пектинового экстракта из деалкоголизированных выжимок рябины (рисунок 1).

Схема включает следующие основные стадии:

- хранение деалкоголизированных выжимок в бункере (1);
- дозирование сырья на весах (2) и подачу элеватором (3) в экстрактор (4);
- двухстадийный гидролиз-экстрагирование (ферментативная и кислотная стадии);
- промежуточное накопление пульпы в сборнике (7);
- центрифугирование (8) для отделения жидкой фазы;
- накопление экстракта в сборнике (9);

- ультрафильтрационное концентрирование на установке (10) с мембраной УПМ-20;
- накопление ультраконцентрата в сборнике (11);
- подача концентрата на сушку.

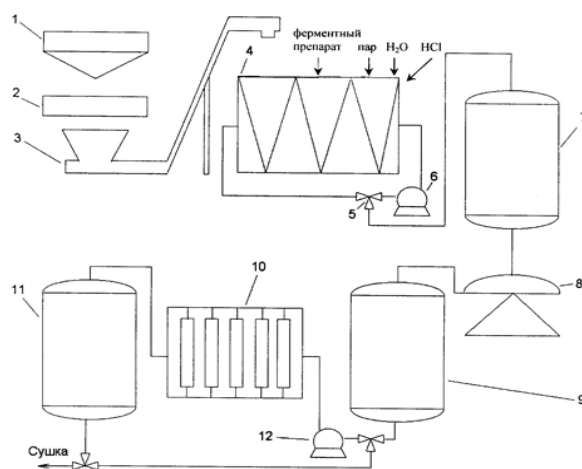


Рисунок 1. Экспериментальная линия получения жидкого пектинового экстракта из рябиновых выжимок: 1 – бункер; 2 – весы; 3 – конвейер; 4 – экстрактор; 5 – трехходовой вентиль; 6 – насос; 7 – сборник пульпы; 8 – центрифуга; 9 – сборник экстракта; 10 – ультрафильтрационная установка; 11 – сборник ультраконцентрата; 12 – насос

Figure 1. Experimental line for producing liquid pectin extract from rowan pomace: 1 – hopper; 2 – scales; 3 – conveyor; 4 – extractor; 5 – three-way valve; 6 – pump; 7 – pulp collector; 8 – centrifuge; 9 – extract collector; 10 – ultrafiltration unit; 11 – ultrafiltration concentrate collector; 12 – pump

Особенностью разработанной схемы является исключение традиционной стадии осаждения пектина этанолом, что позволяет снизить себестоимость продукта и исключить использование пожаровзрывоопасных органических растворителей. Замена вакуум-выпаривания на ультрафильтрационное концентрирование позволяет проводить процесс при низких температурах, сохраняя нативную структуру пектина и снижая энергозатраты.

Расчет выхода продукта показал, что из 100 кг сушеной рябины с влажностью 18% образуется 148 кг деалкоголизированных выжимок с влажностью 75 % и содержанием пектиновых веществ 1,2 % во влажной массе, или 5 % в пересчёте на абсолютно сухое вещество. При использовании разработанной технологии с применением ультрафильтрационного концентрирования на мембране УПМ-20 достигается концентрирование пектина в 2,93 раза при потерях не более 12%, что обеспечивает приемлемые технико-экономические показатели процесса.

### Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Деалкоголизованные выжимки рябины, образующиеся в качестве отходов ликёро-водочного производства, содержат до 5% пектиновых веществ в пересчете на абсолютно сухое вещество и являются перспективным вторичным сырьем для получения пектина.

Разработанный двухстадийный способ ферментативно-кислотного гидролиза-экстрагирования (гидромодуль 1:15, ферментный препарат Рапидаза Пресс 40 ед/г, pH 4,0–4,3 при 50 °С в течение 2 ч с последующим подкислением до pH 2,0 и выдержкой при 70 °С в течение 3 ч) позволяет эффективно извлекать пектиновые вещества из рябиновых выжимок.

Полученный пектин характеризуется степенью этерификации 49% и относится к низкометоксилированным, имеет комплексообразующую способность 157 мг Pb<sup>2+</sup>/г, полиуронидную составляющую 79%, содержание карбоксильных групп 9,66%, ацетильных групп 1,05%, pH 3,3.

В результате сравнительного анализа шести типов мембран (УПМ-200, УПМ-100, УПМ-50, УПМ-20, УФМ-50, УФМ-20) установлено, что наилучшие результаты концентрирования пектинового экстракта обеспечивает мембрана УПМ-20, для которой коэффициент концентрирования составляет 2,93, а потери пектиновых веществ – 12,0%.

Разработана аппаратурно-технологическая схема получения и концентрирования пектинового экстракта из деалкоголизованных выжимок рябины, включающая стадии двухстадийного гидролиза-экстрагирования, центрифугирования, ультрафильтрационного концентрирования на мембране УПМ-20 и сушки концентрата. Применение мембранной технологии позволяет исключить использование органических растворителей и снизить энергозатраты по сравнению с традиционной схемой.

Разработанная технология может быть рекомендована для внедрения на предприятиях ликёро-водочной и пищевой промышленности в рамках концепции безотходного производства и рационального использования вторичных сырьевых ресурсов.

### Литература

- 1 Донченко Л.В., Ластков Д.О., Коханый А.Ю. и др. Современные особенности пектинопрофилактики // Сахар. 2022. № 9. С. 38–43.
- 2 Карпович Н.С., Донченко Л.В., Нелина В.В. Пектин: получение, свойства и применение. М.: Пищевая промышленность, 2019. 312 с.
- 3 Игнатенко Г.А., Ласков Д.О., Выхованец Т.А. и др. Пектины – незаменимый компонент здорового рациона питания для населения промышленного региона // Вестник гигиены и эпидемиологии. 2019. Т. 23. № 2. С. 181–182.
- 4 Игнатов В.В. Мембранные методы разделения в пищевой промышленности. СПб.: ГИОРД, 2018. 288 с.
- 5 Родионова Л.Я., Ольховатов Е.А., Степанова С.Н. Ферментативный гидролиз пектинового сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 3. С. 45–52.
- 6 Головкин К.А., Кравченко С.Н. Применение мембранных технологий для очистки и концентрирования продуктов переработки // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Кемерово: Кузбасский ГАУ, 2025. С. 533–538.
- 7 Голыбин В.А., Матвиенко Н.А., Федорук В.А., Мурач Д.С. Способ получения пектина и пищевых волокон с использованием электрохимически активированной воды // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 3 (65). С. 161–165.
- 8 Мартовщук В.И., Мартовщук Е.В. Кондуктометрическое титрование в анализе пектиновых веществ // Известия вузов. Пищевая технология. 2015. № 4. С. 108–111.
- 9 Пат. 2247748 РФ, С2. Способ получения пектина / М.И. Лакеу, О.И. Квасенков, В.Д. Надыкта, И.И. Квасенков, Л.В. Донченко. № 2003114476/04; Заявл. 19.05.2003; Опубл. 10.03.2005. Бюл. № 7.
- 10 Пат. 2346465 РФ, С1. Способ получения пектина / Л.В. Донченко, Е.В. Щербакова, Е.А. Ольховатов. № 2007131636/13; Заявл. 20.08.2007; Опубл. 20.02.2009. Бюл. № 5.
- 11 Пат. 2489899 РФ, С2. Способ определения массовой доли фракций пектиновых веществ в растительных объектах кондуктометрическим методом / Л.Я. Родионова, Е.В. Щербакова, Е.А. Ольховатов. № 2011138126/13; Заявл. 16.09.2011; Опубл. 20.08.2013. Бюл. № 23.
- 12 Донченко Л.В., Нелина В.В., Карпович Н.С., Киореску Е.Н., Гаг О.С. Методические указания по определению пектиновых веществ в производстве. М.: Пищевая промышленность, 1987. 40 с.
- 13 Patel A.K., Singhania R.R., Albarico F.P.J.B., Pandey A. et al. A review on pectinase properties, application in juice clarification, and membranes as immobilization support // Journal of Food Science. 2022. Vol. 87. No. 8. P. 3338–3354. doi: 10.1111/1750-3841.16233
- 14 Spinei M., Oroian M. The influence of extraction conditions on the yield and physico-chemical parameters of pectin from grape pomace // Polymers. 2022. Vol. 14. No. 7. Article 1378. doi: 10.3390/polym14071378
- 15 Aurori M., Niculae M., Hanganu D., Pall E. et al. The antioxidant, antibacterial and cell-protective properties of bioactive compounds extracted from rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) fruits in vitro // Plants. 2024. Vol. 13. No. 4. Article 538. doi: 10.3390/plants13040538

- 16 Li X., Wang Y., Zhang J., Li M. et al. Valorization of apple pomace: structural and rheological characterization of low-methoxyl pectins extracted with green agents of citric acid/sodium citrate // *Food Chemistry: X*. 2024. Vol. 24. Article 102010. doi: 10.1016/j.fochx.2024.102010
- 17 Costa J.M., Wang W., Nakasu P.Y.S., Costa L.G.O. et al. Impacts of microwaves on the pectin extraction from apple pomace: technological properties in structuring of hydrogels // *Food Hydrocolloids*. 2025. Vol. 160. Article 110766. doi: 10.1016/j.foodhyd.2024.110766
- 18 Pascoalino L.A., Finimundy T.C., Pires T.C.S.P. et al. Investigating bioactive compounds in apple pomace: potential to develop high added-value products from an industrial surplus // *Food Bioscience*. 2025. Vol. 63. Article 105664. doi: 10.1016/j.fbio.2024.105664
- 19 Marković S., Đermanović B., Pojić M., Stoiljković M. et al. Structural characterization of pectin obtained by different purification methods // *Carbohydrate Polymers*. 2022. Vol. 277. Article 118726. doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118726
- 20 Liu X., Wang Q., Yang L., Sun J. et al. Roles of physical fields in the extraction of pectin from plant food wastes and byproducts: a systematic review // *Food Research International*. 2023. Vol. 164. Article 112343. doi: 10.1016/j.foodres.2022.112343
- 21 Балабанова М.Ю., Панов С.Ю., Марнов А.Ю. Исследование технического решения экологических и энергетических проблем при пиролизной переработке крупнотоннажных твердых органических отходов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2025. Т. 87. № 1. С. 243–249. doi: 10.20914/2310-1202-2025-1-243-249
- 22 Klojđová I., Ngasakul N., Kozlu A. et al. Apple pomace as a functional component of sustainable set-type yogurts // *LWT*. 2024. Vol. 211. Article 116909. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116909

### References

- 1 Donchenko L.V., Lastkov D.O., Kokhanny A.Yu. et al. Modern features of pectin prophylaxis. *Sugar*. 2022. no. 9. pp. 38–43. (in Russian).
- 2 Karpovich N.S., Donchenko L.V., Nelina V.V. Pectin: production, properties and application. Moscow: Pishchevaya promyshlennost, 2019. 312 p. (in Russian).
- 3 Ignatenko G.A., Laskov D.O., Vykhovanets T.A. et al. Pectins are an essential component of a healthy diet for the population of an industrial region. *Bulletin of Hygiene and Epidemiology*. 2019. vol. 23. no. 2. pp. 181–182. (in Russian).
- 4 Ignatov V.V. Membrane separation methods in the food industry. Saint Petersburg: GIOR, 2018. 288 p. (in Russian).
- 5 Rodionova L.Ya., Olkhovator E.A., Stepanova S.N. Enzymatic hydrolysis of pectin-containing raw materials. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*. 2020. no. 3. pp. 45–52. (in Russian).
- 6 Golovko K.A., Kravchenko S.N. Application of membrane technologies for purification and concentration of processing products. In: *Current Scientific and Technical Means and Agricultural Problems: Proceedings of the XIII National Scientific and Practical Conference with International Participation*. Kemerovo: Kuzbass State Agricultural Academy, 2025. pp. 533–538. (in Russian).
- 7 Golovin V.A., Matvienko N.A., Fedoruk V.A., Murach D.S. Method for obtaining pectin and dietary fiber using electrochemically activated water. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2015. no. 3 (65). pp. 161–165. (in Russian).
- 8 Martovshchuk V.I., Martovshchuk E.V. Conductometric titration in the analysis of pectic substances. *News of Universities. Food Technology*. 2015. no. 4. pp. 108–111. (in Russian).
- 9 Patent no. 2247748 RF, C2. Method for producing pectin. Lakeu M.Y., Kvasenkov O.I., Nadykta V.D., Kvasenkov I.I., Donchenko L.V. no. 2003114476/04; filed 19.05.2003; publ. 10.03.2005. Bull. no. 7. (in Russian).
- 10 Patent no. 2346465 RF, C1. Method for producing pectin. Donchenko L.V., Shcherbakova E.V., Olkhovator E.A. no. 2007131636/13; filed 20.08.2007; publ. 20.02.2009. Bull. no. 5. (in Russian).
- 11 Patent no. 2489899 RF, C2. Method for determining the mass fraction of pectin fractions in plant objects by conductometric method. Rodionova L.Ya., Shcherbakova E.V., Olkhovator E.A. no. 2011138126/13; filed 16.09.2011; publ. 20.08.2013. Bull. no. 23. (in Russian).
- 12 Donchenko L.V., Nelina V.V., Karpovich N.S., Kioresku E.N., Gaag O.S. Methodological guidelines for the determination of pectic substances in production. Moscow: Pishchevaya promyshlennost, 1987. 40 p. (in Russian).
- 13 Patel A.K., Singhania R.R., Albarico F.P.J.B., Pandey A. et al. A review on pectinase properties, application in juice clarification, and membranes as immobilization support. *Journal of Food Science*. 2022. vol. 87. no. 8. pp. 3338–3354. doi: 10.1111/1750-3841.16233.
- 14 Spinei M., Oroian M. The influence of extraction conditions on the yield and physico-chemical parameters of pectin from grape pomace. *Polymers*. 2022. vol. 14. no. 7. article 1378. doi: 10.3390/polym14071378.
- 15 Aurori M., Niculae M., Hanganu D., Pall E. et al. The antioxidant, antibacterial and cell-protective properties of bioactive compounds extracted from rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) fruits in vitro. *Plants*. 2024. vol. 13. no. 4. article 538. doi: 10.3390/plants13040538.
- 16 Li X., Wang Y., Zhang J., Li M. et al. Valorization of apple pomace: structural and rheological characterization of low-methoxyl pectins extracted with green agents of citric acid/sodium citrate. *Food Chemistry: X*. 2024. vol. 24. article 102010. doi: 10.1016/j.fochx.2024.102010.
- 17 Costa J.M., Wang W., Nakasu P.Y.S., Costa L.G.O. et al. Impacts of microwaves on the pectin extraction from apple pomace: technological properties in structuring of hydrogels. *Food Hydrocolloids*. 2025. vol. 160. article 110766. doi: 10.1016/j.foodhyd.2024.110766.
- 18 Pascoalino L.A., Finimundy T.C., Pires T.C.S.P. et al. Investigating bioactive compounds in apple pomace: potential to develop high added-value products from an industrial surplus. *Food Bioscience*. 2025. vol. 63. article 105664. doi: 10.1016/j.fbio.2024.105664.
- 19 Marković S., Đermanović B., Pojić M., Stoiljković M. et al. Structural characterization of pectin obtained by different purification methods. *Carbohydrate Polymers*. 2022. vol. 277. article 118726. doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118726.


20 Liu X., Wang Q., Yang L., Sun J. et al. Roles of physical fields in the extraction of pectin from plant food wastes and byproducts: a systematic review. Food Research International. 2023. vol. 164. article 112343. doi: 10.1016/j.foodres.2022.112343.

21 Balabanova M.Yu., Panov S.Yu., Marnov A.Yu. Investigation of technical solutions for environmental and energy problems during pyrolysis processing of large-tonnage solid organic waste. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2025. vol. 87. no. 1. pp. 243–249. doi: 10.20914/2310-1202-2025-1-243-249 (in Russian).


22 Kloidová I., Ngasakul N., Kozlu A. et al. Apple pomace as a functional component of sustainable set-type yogurts. LWT. 2024. vol. 211. article 116909. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116909.

#### Сведения об авторах


**Светлана В. Жуковская** к.х.н., доцент, кафедра технологии броидильных производств и виноделия им. Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, zhu2165@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2324-6340>


**Дмитрий А. Казарцев** д.т.н., профессор, кафедра технологии броидильных производств и виноделия им. Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, kda\_79@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

**Мария В. Бабаева** к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных производств и виноделия им. Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, m-babaeva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2258-3828>

**Софья И. Сахарова** аспирант 1 курса, кафедра пищевых технологий и биоинженерии, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 115054, Россия, tzekur@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0007-8383-5618>

#### Вклад авторов


Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

#### Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Information about authors


**Svetlana V. Zhukovskaya** Cand. Sci. (Chem.), assistant professor, technology of fermentation and winemaking named after G.G. Agabalian department, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, zhu2165@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2324-6340>


**Dmitriy A. Kazartsev** Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fermentation and winemaking named after G.G. Agabalian department, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, kda\_79@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

**Maria V. Babaeva** Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, technology of fermentation and winemaking named after G.G. Agabalian department, K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, m-babaeva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2258-3828>

**Sofia I. Sakharova** 1st year postgraduate student, food technology and bioengineering department, Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 115054, Russia, tzekur@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0007-8383-5618>

#### Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

<b>Поступила</b> 01/03/2026	<b>После редакции</b> 13/04/2026	<b>Принята в печать</b> 12/05/2026
<b>Received</b> 01/03/2026	<b>Accepted in revised</b> 13/04/2026	<b>Accepted</b> 12/05/2026