







## Получение пектина из столовой свёклы как сырья для продуктов функционального назначения







Наталья А. Матвиенко <sup>1</sup>	natali25_81@mail.ru	 0000-0003-4777-003X
Лариса Н. Фролова <sup>1</sup>	fln-84@mail.ru	 0000-0002-6505-4136
Светлана Ф. Яковлева <sup>1</sup>	svetlana.yakovleva.68@mail.ru	 0000-0003-3686-9966
Екатерина А. Мотина <sup>1</sup>	emotina18@mail.ru	 0000-0002-3433-2754
Татьяна С. Ковалева <sup>1</sup>	tanyakova2501@gmail.com	 0000-0002-3531-3811
Алексей Н. Яковлев <sup>1</sup>	vip.alex2702@mail.ru	 0000-0002-3246-6628

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

**Аннотация.** В условиях ухудшающейся экологической обстановки, радиоактивного загрязнения в организм человека могут поступать вместе с пищей радионуклиды – продукты радиоактивного распада, которые в свою очередь могут распадаться с испусканием ионизирующих излучений. Этому же подвержены люди, работающие с радиоактивными веществами или находящиеся под воздействием ионизирующих облучений. В мире ведется интенсивный поиск эффективных экологически безопасных способов производства новых видов продуктов питания защитного, оздоровительного, лечебно-профилактического назначения. Продукты функционального назначения очень популярны в последнее время, так как люди стали обращать больше внимания на свое здоровье и хотят включать полезные элементы в свой рацион питания. Одним из компонентов, которые могут быть использованы для создания продуктов, является пектин столовой свёклы. Пектин – это вещество, которое можно найти во многих фруктах и овощах. Он используется в продуктах питания в качестве загустителя и стабилизатора. Пектин обладает уникальными свойствами, благодаря которым привлекает внимание производителей продуктов. Он способен связывать воду и твердые частицы, придавая различным продуктам определенную консистенцию. Кроме того, пектин также обладает целым рядом полезных свойств для здоровья. В данной статье мы рассмотрим получение пектина из столовой свёклы на ЭХА растворе как ценного ингредиента для создания функциональных продуктов и улучшения их характеристик.

**Ключевые слова:** пектин, столовая свёкла, ЭХА растворы, продукты функционального назначения, пектиновые вещества.

## Obtaining pectin from table beets as a raw material for functional products

Natalia A. Matvienko <sup>1</sup>	natali25_81@mail.ru	 0000-0003-4777-003X
Larisa N. Frolova <sup>1</sup>	fln-84@mail.ru	 0000-0002-6505-4136
Svetlana F. Yakovleva <sup>1</sup>	svetlana.yakovleva.68@mail.ru	 0000-0003-3686-9966
Ekaterina A. Motina <sup>1</sup>	emotina18@mail.ru	 0000-0002-3433-2754
Tatiana S. Kovaleva <sup>1</sup>	tanyakova2501@gmail.com	 0000-0002-3531-3811
Alexey N. Yakovlev <sup>1</sup>	vip.alex2702@mail.ru	 0000-0002-3246-6628

<sup>1</sup> Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Abstract.** Annotation. In conditions of deteriorating environmental conditions, radioactive contamination in the human body can enter with food radionuclides - products of radioactive decay, which in turn can decay with the emission of ionizing radiation. People who work with radioactive substances or are exposed to ionizing radiation are also susceptible. In the world there is an intensive search for effective environmentally safe methods of production of new types of food products of protective, health-improving, therapeutic and preventive purpose. Products of functional purpose are very popular recently, as people have started to pay more attention to their health and want to include useful elements in their diet. One of the components that can be used to create products is table beet pectin. Pectin is a substance that can be found in many fruits and vegetables. It is used in foods as a thickener and stabilizer. Pectin has unique properties that make it attract the attention of food manufacturers. It is able to bind water and solids, giving various products a certain consistency. In addition, pectin also has a number of health benefits. In this article, we will discuss the extraction of pectin from table beets by ECA solution as a valuable ingredient for creating functional products and improving their characteristics.

**Keywords:** pectin, table beets, ECA solutions, functional products, pectic substances.

### Для цитирования

Матвиенко Н.А., Фролова Л.Н., Яковлева С.Ф., Мотина Е.А., Ковалева Т.С., Яковлев А.Н. Получение пектина из столовой свёклы как сырья для продуктов функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 3. С. 158–164. doi:10.20914/2310-1202-2023-3-158-164

### For citation

Matvienko N.A., Frolova L.N., Yakovleva S.F., Motina E.A., Kovaleva T.S., Yakovlev A.N. Obtaining pectin from table beets as a raw material for functional products. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 3. pp. 158–164. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-3-158-164

## Введение

Задача обеспечения населения страны необходимым количеством биологически полноценных продуктов питания для массового потребления является одной из первоочередных в развитии пищевых отраслей АПК.

Пектиновые вещества связывают нитраты, радиоактивные и токсичные металлы в нерастворимые, безвредные комплексы, которые не всасываются и выводятся из организма. Таким образом, пектин обладает способностью очищать организм от вредных веществ, не нарушая при этом бактериологический баланс организма. Кроме того, пектиновые вещества обладают антимикробными, противовоспалительными, обволакивающими и защитными свойствами. Пектины способны проявлять лечебные и профилактические свойства при ряде заболеваний, не уступая по эффективности некоторым лекарственным препаратам.

Комплексообразующие свойства пектинов выдвигают их на роль важнейшего профилактического средства при угрозах интоксикации, загрязнения территорий или повышенной радиации. По рекомендации ВОЗ, пектины должны дополнительно применяться, как профилактическое средство в экологически загрязненных территориях.

Комплексообразующие свойства пектинов из свёклы рассматриваются в контексте их применения в пищевых продуктах. В качестве загустителей и стабилизаторов пектин из свёклы может быть использован для приготовления джемов, повидел, конфет, пирогов и других продуктов. Например, пектин из свёклы может использоваться в качестве стабилизатора при производстве масляных эмульсий, таких как майонез и салатный соус.

Кроме того, пектин из свёклы может использоваться в качестве функциональных ингредиентов для улучшения характеристик продуктов, таких как текстура и вязкость. Например, при добавлении пектина из свёклы в качестве загустителя к молочным продуктам, таким как йогурт, можно повысить вязкость и улучшить текстуру продукта.

Учитывая большую значимость пектина для пищевой, фармацевтической и медицинской промышленности, с целью снижения зависимости экономики России от импортных поставок и внедрения инновационных технологий проблема производства пектина приобретает чрезвычайную актуальность. Продолжительная ориентация на импортные поставки пектина негативно повлияла на развитие его производства в России. Одной из главных причин, тормозящих развитие производства пектина, является отсутствие экологически безопасной технологии комплексной переработки вторичных

сырьевых ресурсов. Традиционная технология получения пектина обладает рядом существенных недостатков:

- применение в больших объемах химически агрессивных сред, требующее их экологической регенерации и обуславливающее высокие требования к коррозионной стойкости основного технологического оборудования;
- необходимость использования токсичных, взрывоопасных и легковоспламеняющихся реагентов;
- длительность, многостадийность и трудоемкость технологического процесса;
- высокая себестоимость целевого продукта;
- «жесткие» условия гидролиза-экстрагирования, приводящие к деструкции молекул пектина и снижению его качества.

Значительная потребность в пектиновых веществах определяет целесообразность изучения их различных источников. Большой интерес с точки зрения сырья для получения пектина представляет столовая свекла. Эта сельскохозяйственная культура отличается высокой урожайностью, способностью к длительному хранению, высоким содержанием пектиновых веществ. В качестве сырья для получения пектина использовали отжимы столовой свеклы, полученные после извлечения из корнеплодов сока.

Извлечение пектиновых веществ из растительного сырья производят в процессе гидролиза-экстрагирования. Режим проведения этой стадии во многом определяет выход готового продукта и его показатели качества. Исследования были направлены на изучение влияния параметров проведения процесса гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из столовой свеклы на их выход с использованием в качестве гидролизующего агента электрохимически активированного (ЭХА) раствора. Эффективность и преимущества использования ЭХА растворов в сравнении с классическими аналогами обоснованы и доказаны рядом авторов [1, 2].

## Материалы и методы

Пектиновые вещества в клеточных стенках растений связываются межмолекулярными и водородными связями через гидроксильные и карбоксильные группы, посредством мостиков из поливалентных металлов и эфирными связями. Цепочки пектиновых веществ связываются с нейтральными полисахаридами клеточной стенки или же между собой, образуя сетчатую структуру. Чтобы выделить пектин, необходимо разрушить эти связи в таких условиях, которые не привели бы к понижению молекулярной массы макромолекулы. При температурах выше 50 °С и понижении pH от 2,5 до 1,0 происходит значительный гидролиз гликозидных

связей, что приводит к разрыву полигалактуроновой цепочки и отщеплению боковых цепей арабинов и галактанов, то есть происходит резкое уменьшение молекулярного веса пектина, а это влечет за собой снижение желирующей способности. С целью получения высокого выхода пектиновых веществ при максимальном сохранении их качества и дополнительного извлечения пищевых волокон процесс гидролиза-экстрагирования проводили с использованием ЭХА воды, как более мягкого и эффективного гидролизующего агента.

В процессе исследований определяли оптимальные режимы проведения гидролиза-экстрагирования, при этом варьировали основные факторы, влияющие на процесс: температуру (40–90 °С), pH ЭХА раствора (2,0–5,0), продолжительность (30–120 минут), гидромодуль (1:3–1:6). В качестве контрольных использовали образцы, получаемые при тех же параметрах с применением раствора соляной кислоты.

### Результаты и обсуждение

Результаты эксперимента приведены на рисунках 1–2 и в таблице 1.

Как видно из экспериментальных данных при увеличении pH от 2,0 до 3,5 выход пектина повышается до максимального значения при pH 3,5 и составляет 9,64% к массе воздушно сухого жома при использовании ЭХА воды и 6,56% при использовании воды с HCl. Причем, наиболее заметно выход повышается в интервале pH 2,0–3,0. Следовательно, проведение процесса при pH менее 3,0 приводит к деполимеризации пектиновой молекулы, которая ведет к разрыву полигалактуроновой цепи на более короткие участки вплоть до разрыва на отдельные звенья и получения молекулярно-растворимой моногалактуроновой кислоты

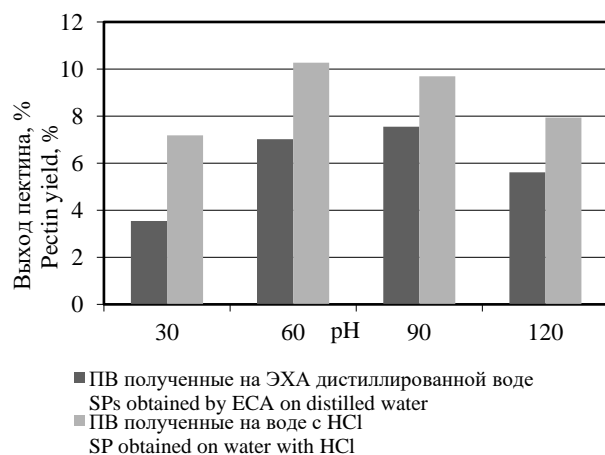


Рисунок 1. Зависимость выхода пектина столовой свёклы от pH

Figure 1. Dependence of beet pectin yield on pH

$C_5H_9O_5COOH$ . В результате глубокого гидролитического распада пектиновой молекулы ухудшается качество пектина.

Дальнейшее повышение pH от 3,5 до 5,0 снижает выход пектиновых веществ, так как химически связанные пектиновые вещества практически не извлекаются, а извлекаются лишь связанные механически либо водородными связями.

Применение в качестве гидролизующего агента ЭХА воды более эффективно, так как выход повышается на 2–3%. Это связано с тем, что ЭХА растворы обладают повышенной экстрагирующей способностью, так как при их использовании кислотный гидролиз протопектина протекает под действием активированных молекул воды, за счет присутствия в среде гидролизующего агента активных радикалов  $H_3O^+$ .

Один из важнейших факторов, обуславливающих выход и физико-химические свойства пектина, – температура процесса. С ее повышением при гидролизе-экстрагировании в растительной ткани частично разрываются водородные связи между ассоциированными полимерными молекулами протопектина, солевые связи с белковыми молекулами; увеличивается проницаемость растительных клеток.

Было выявлено, что показатель температуры является важным технологическим параметром ведения процесса, с его помощью можно регулировать выход и качество пектинов. Установлено, что температура гидролиза ниже 70 °С негативно влияет на выход пектина, процесс идет медленно и не происходит полностью за 60 минут. Увеличение температуры гидролиза от 40 °С до 70 °С повышает выход пектина до максимума при применении ЭХА воды (10,23%). Гидролиз-экстрагирование на воде с HCl дает максимальный выход пектина при температуре 80 °С (7,06%). Дальнейшее повышение температуры до 90 °С приводит к термическому разложению пектиновых веществ, их выход уменьшается.

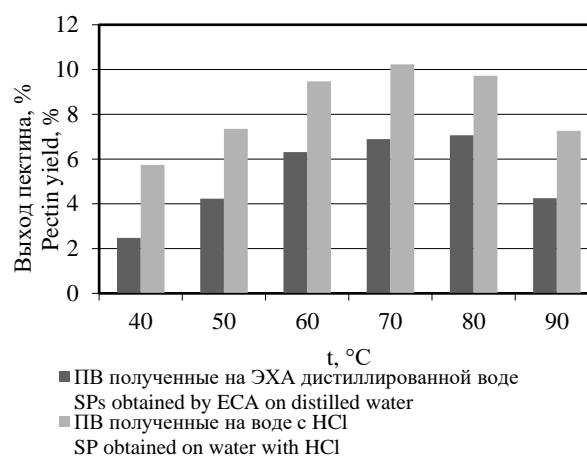


Рисунок 2. Зависимость выхода пектина столовой свёклы от температуры

Figure 2. Dependence of beet pectin yield on temperature

При исследовании влияния продолжительности гидролиза-экстрагирования на выход пектиновых веществ установлено, что при общей продолжительности процесса менее 60 минут не обеспечивается полнота выхода готового продукта. Максимальный выход пектина наблюдается при экстрагировании в течение 60 минут и составляет 10,27% с использованием в качестве гидролизующего агента ЭХА раствора. При проведении процесса на соляной кислоте требуется большее время с целью достижения максимума выхода готового продукта – 7,55%, что говорит об интенсификации процесса благодаря применению ЭХА воды. Увеличение продолжительности гидролиза-экстрагирования до 120 минут приводит к снижению выхода пектина до 7,94 и 5,61% при использовании активированной и неактивированной воды, соответственно. Это происходит за счет термоокислительно-гидролитической деструкции и увеличения вязкости, что уменьшает движущую силу процесса, поскольку при продолжительности процесса более 90 минут вследствие перемешивания сырья начинается механическое разрушение растительной ткани, что приводит к загрязнению пектинового экстракта коллоидными частицами сырья, а также затрудняет процесс разделения смеси после экстрагирования.

Влияние значений гидромодуля на стадии гидролиза-экстрагирования на выход пектина свидетельствует о том, что процесс целесообразно вести при разведении 1:4–1:5, так как наблюдается наибольший выход пектина (10,33% для ЭХА и 7,34% для воды с HCl). Снижение модуля до значения 1:3 нетехнологично, так как реакционная масса густая, затрудняется перемешивание, кроме того, значительно уменьшается выход пектина. Увеличение гидромодуля до 1:6 не приводит к значительному изменению выхода пектина, хотя этот показатель несколько уменьшается, это так же ведет к значительному повышению расхода химических реагентов и энергоёмкости производства, поэтому является экономически нерентабельным.

Согласно вышеизложенному, рациональными условиями процесса гидролиза-экстрагирования пектина из отжимов столовой свеклы с точки зрения выхода готового продукта являются: pH = 3,5, температура 70 °C, продолжительность 60 минут, гидромодуль 1:4–1:5. Пектин, полученный по предлагаемому режиму, анализировали с определением количества свободных (Kc,%), этерифицированных (Ke,%) и общих (Ko,%) карбоксильных групп, степени этерификации и массовой доли полигалактуроновой кислоты (таблица 1).

Таблица 1.

Свойства пектина из столовой свеклы

Table 1.

## Properties of beet pectin

Kc, %	Ke, %	Ko, %	Степень этерификации, Degree of esterification, °	Полигалактуроновая кислота, % Polygalacturonic acid, %
7,86	10,96	18,82	58,24	77,02

Из таблицы видно, что пектин, полученный по данной технологии, обладает высоким качеством, характеризующим его как комплекссообразователь.

На основе пектина столовой свеклы возможно получение различных продуктов функционального и профилактического назначения: напитков, соусов, пюре. В настоящее время разрабатываются рецептуры функциональных напитков, содержащих пектиновые вещества столовой свеклы.

Полученный пектин может быть использован для создания широкого спектра продуктов функционального назначения. Он отличается высокой способностью связывать жидкости и образовывать гелеобразную массу, что делает его незаменимым компонентом в производстве конфитюров и джемов. Кроме того, пектин используется в качестве загустителя в мыльных пенах и других косметических продуктах, а также в производстве мороженого, где он улучшает консистенцию и структуру.

Одним из главных преимуществ получения пектина из столовой свеклы является его низкая стоимость по сравнению с другими источниками пектина. Кроме того, столовая свекла является относительно недорогим и доступным продуктом для многих регионов и стран.

Таким образом, получение пектина из столовой свеклы имеет множество преимуществ и может быть широко использовано в производстве продуктов функционального назначения. Это дешевый и доступный источник пектина, который дает возможность создавать высококачественные продукты с улучшенными текстурой и консистенцией [3, 4].

Пектины столовой свёклы обладают рядом полезных свойств, которые могут оказывать положительные эффекты на здоровье человека. Некоторые из них включают в себя:

– снижение уровня холестерина в крови.

Пектин способен связывать и выводить из организма лишний холестерин, что в свою очередь может улучшить функционирование сердечной системы и снизить риск сердечно-сосудистых заболеваний;

– поддержание здорового уровня сахара в крови. Пектин способен замедлять усвоение углеводов, что позволяет сохранять стабильный уровень сахара в крови. Это может быть особенно полезно для людей, которые страдают от диабета или предрасположены к данному заболеванию;

– содержание пищевых волокон. Пектины столовой свёклы, как правило, богаты пищевыми волокнами, которые являются необходимыми для здоровья пищеварительной системы. Они могут помочь улучшить усвоение пищи и предотвратить различные проблемы пищеварительной системы;

– поддержание здоровья кожи. Пектин может помочь сохранить здоровье кожи, улучшить ее текстуру и увлажнение. Он может также помочь осветлить пигментные пятна и уменьшить глубину морщин.

### Заключение

Комплексообразующие свойства пектинов из столовой свёклы представляют широкий спектр применений в пищевой и других отраслях, а также имеют потенциал для медицинского использования. Дальнейшие исследования могут раскрыть ещё больше возможностей использования пектинов из свёклы в различных областях.

### Литература

- 1 Лосева В.А. и др. Инновационная технология получения пектина из растительного сырья // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения. 2010. С. 346–347.
- 2 Лосева В.А. и др. Получение пектина и пищевых волокон из растительного сырья с применением нанотехнологий // Вестник ВГТА. 2010. № 3. С. 33–35.
- 3 Кульнева Н.Г., Путилина Л.Н., Лазутина Н.А. Ресурсосберегающая технология переработки сахарной свёклы // Сахарная свёкла. 2019. №. 10. С. 32–36.
- 4 Пономарева Е.М., Матвиенко Н.А. Комплексная переработка сахарной свёклы // Материалы студенческой научной конференции за 2022 год. 2022. С. 205–206.
- 5 Lin J. et al. Elucidation of the cellulose nanocrystal-sugar beet pectin interactions for emulsification enhancement // Food Hydrocolloids. 2023. V. 135. P. 108198.
- 6 Zhou Y. et al. Study on the relationship between emulsion properties and interfacial rheology of sugar beet pectin modified by different enzymes // Molecules. 2021. V. 26. №. 9. P. 2829.
- 7 Jafarzadeh-Moghaddam M., Shaddel R., Peighambaroust S.H. Sugar beet pectin extracted by ultrasound or conventional heating: A comparison // Journal of Food Science and Technology. 2021. V. 58. P. 2567–2578.
- 8 Abou-Elseoud W.S., Hassan E.A., Hassan M.L. Extraction of pectin from sugar beet pulp by enzymatic and ultrasound-assisted treatments // Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 2021. V. 2. P. 100042.
- 9 Hotchkiss Jr A.T. et al. Structural characterization of red beet fiber and pectin // Food Hydrocolloids. 2022. V. 129. P. 107549.
- 10 Archut A. et al. Interaction of sugar beet pectin and pea protein: Impact of neutral sugar side chains and acetyl groups // Food Hydrocolloids. 2023. V. 138. P. 108454.
- 11 Peighambaroust S.H., Jafarzadeh-Moghaddam M., Pateiro M., Lorenzo J.M. et al. Physicochemical, thermal and rheological properties of pectin extracted from sugar beet pulp using subcritical water extraction process // Molecules. 2021. V. 26. №. 5. P. 1413. doi: 10.3390/molecules26051413
- 12 Pacheco M.T., Villamiel M., Moreno F.J. Structural and rheological properties of pectins extracted from industrial sugar beet by-products // Molecules. 2019. V. 24. №. 3. P. 392. doi: 10.3390/molecules24030392
- 13 Jafarzadeh-Moghaddam M., Shaddel R., Peighambaroust S. H. Sugar beet pectin extracted by ultrasound or conventional heating: A comparison // Journal of Food Science and Technology. 2021. V. 58. P. 2567–2578.
- 14 Niu H., Hou K., Chen H., Fu X. et al. A review of sugar beet pectin-stabilized emulsion: extraction, structure, interfacial self-assembly and emulsion stability // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2022. P. 1–21. doi: 10.1080/10408398.2022.2109586
- 15 Huang X., Li D., Wang L. Characterization of pectin extracted from sugar beet pulp under different drying conditions // Journal of Food Engineering. 2017. V. 211. P. 1–6. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.04.022
- 16 Liu Z., Pi F., Guo X., Guo X. et al. Characterization of the structural and emulsifying properties of sugar beet pectins obtained by sequential extraction // Food Hydrocolloids. 2019. V. 88. P. 31–42. doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.09.036
- 17 Chen H.M., Fu X., Abbasi A.M., Luo Z.G. Preparation of environment-friendly pectin from sugar beet pulp and assessment of its emulsifying capacity // International Journal of Food Science & Technology. 2015. V. 50. №. 6. P. 1324–1330. doi: 10.1111/ijfs.12779
- 18 Prandi B., Baldassarre S., Babbar N., Bancalari E. et al. Pectin oligosaccharides from sugar beet pulp: Molecular characterization and potential prebiotic activity // Food & function. 2018. V. 9. №. 3. P. 1557–1569.
- 19 Chen H., Fu X., Luo Z. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water // Food chemistry. 2015. V. 168. P. 302–310. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.078
- 20 Hassan M.L., Berglund L., Abou Elseoud W.S., Hassan E.A. et al. Effect of pectin extraction method on properties of cellulose nanofibers isolated from sugar beet pulp // Cellulose. 2021. V. 28. P. 10905–10920.


### References

- 1 Loseva V.A. et al. Innovative technology for obtaining pectin from plant raw materials. Current issues of improving the technology of production and processing of agricultural products: Mosolov readings. 2010. pp. 346–347. (in Russian).
- 2 Loseva V.A. et al. Obtaining pectin and dietary fiber from plant raw materials using nanotechnology. Vestnik VGTA. 2010. no. 3. pp. 33–35. (in Russian).

- 3 Kulneva N.G., Putilina L.N., Lazutina N.A. Resource-saving technology for processing sugar beets. Sugar beets. 2019. no. 10. pp. 32-36. (in Russian).
- 4 Ponomareva E.M., Matvienko N.A. Complex processing of sugar beet. Materials of the student scientific conference for 2022. 2022. pp. 205-206. (in Russian).
- 5 Lin J. et al. Elucidation of the cellulose nanocrystal-sugar beet pectin interactions for emulsification enhancement. Food Hydrocolloids. 2023. vol. 135. pp. 108198.
- 6 Zhou Y. et al. Study on the relationship between emulsion properties and interfacial rheology of sugar beet pectin modified by different enzymes. Molecules. 2021. vol. 26. no. 9. pp. 2829.
- 7 Jafarzadeh-Moghaddam M., Shaddel R., Peighambaroust S.H. Sugar beet pectin extracted by ultrasound or conventional heating: A comparison. Journal of Food Science and Technology. 2021. vol. 58. pp. 2567-2578.
- 8 Abou-Elseoud W.S., Hassan E.A., Hassan M.L. Extraction of pectin from sugar beet pulp by enzymatic and ultrasound-assisted treatments. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 2021. vol. 2. pp. 100042.
- 9 Hotchkiss Jr A.T. et al. Structural characterization of red beet fiber and pectin. Food Hydrocolloids. 2022. vol. 129. pp. 107549.
- 10 Archut A. et al. Interaction of sugar beet pectin and pea protein: Impact of neutral sugar side chains and acetyl groups. Food Hydrocolloids. 2023. vol. 138. pp. 108454.
- 11 Peighambaroust S.H., Jafarzadeh-Moghaddam M., Pateiro M., Lorenzo J.M. et al. Physicochemical, thermal and rheological properties of pectin extracted from sugar beet pulp using subcritical water extraction process. Molecules. 2021. vol. 26. no. 5. pp. 1413. doi: 10.3390/molecules26051413
- 12 Pacheco M.T., Villamiel M., Moreno R., Moreno F.J. Structural and rheological properties of pectins extracted from industrial sugar beet by-products. Molecules. 2019. vol. 24. no. 3. pp. 392. doi: 10.3390/molecules24030392
- 13 Jafarzadeh-Moghaddam M., Shaddel R., Peighambaroust S. H. Sugar beet pectin extracted by ultrasound or conventional heating: A comparison. Journal of Food Science and Technology. 2021. vol. 58. pp. 2567-2578.
- 14 Niu H., Hou K., Chen H., Fu X. et al. A review of sugar beet pectin-stabilized emulsion: extraction, structure, interfacial self-assembly and emulsion stability. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2022. pp. 1-21. doi: 10.1080/10408398.2022.2109586
- 15 Huang X., Li D., Wang L. Characterization of pectin extracted from sugar beet pulp under different drying conditions. Journal of Food Engineering. 2017. vol. 211. pp. 1-6. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.04.022
- 16 Liu Z., Pi F., Guo X., Guo X. et al. Characterization of the structural and emulsifying properties of sugar beet pectins obtained by sequential extraction. Food Hydrocolloids. 2019. vol. 88. pp. 31-42. doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.09.036
- 17 Chen H.M., Fu X., Abbasi A.M., Luo Z.G. Preparation of environment-friendly pectin from sugar beet pulp and assessment of its emulsifying capacity. International Journal of Food Science & Technology. 2015. vol. 50. no. 6. pp. 1324-1330. doi: 10.1111/ijfs.12779
- 18 Prandi B., Baldassarre S., Babbar N., Bancalari E. et al. Pectin oligosaccharides from sugar beet pulp: Molecular characterization and potential prebiotic activity. Food & function. 2018. vol. 9. no. 3. pp. 1557-1569.
- 19 Chen H., Fu X., Luo Z. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water. Food chemistry. 2015. vol. 168. pp. 302-310. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.078
- 20 Hassan M.L., Berglund L., Abou Elseoud W.S., Hassan E.A. et al. Effect of pectin extraction method on properties of cellulose nanofibers isolated from sugar beet pulp. Cellulose. 2021. vol. 28. pp. 10905-10920.

#### Сведения об авторах


**Наталья А. Матвиенко** к.т.н., доцент, кафедра технологии бро-  
дильных и сахаристых производств, Воронежский государственный  
университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19,  
г. Воронеж, 394036, Россия, natali25\_81@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4777-003X>


**Лариса Н. Фролова** д.т.н., профессор, кафедра машин и  
аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный  
университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19,  
г. Воронеж, 394036, Россия, fln-84@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6505-4136>

**Светлана Ф. Яковлева** к.т.н., доцент, кафедра биохимии и  
биотехнологии, Воронежский государственный университет  
инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж,  
394036, Россия, svetlana.yakovleva.68@mail.ru


 <https://orcid.org/0000-0003-3686-9966>

**Екатерина А. Мотина** к.т.н., доцент, кафедра биохимии и  
биотехнологии, Воронежский государственный университет  
инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж,  
394036, Россия, emotina18@mail.ru


 <https://orcid.org/0000-0002-3433-2754>

#### Information about authors


**Natalia A. Matvienko** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fer-  
mentation and sugar production technology department, Voronezh  
State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19  
Voronezh, 394036, Russia, natali25\_81@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4777-003X>


**Larisa N. Frolova** Dr. Sci. (Engin.), professor, food processing  
machines and apparatuses department, Voronezh State University  
of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh,  
394036, Russia, fln-84@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6505-4136>


**Svetlana F. Yakovleva** Cand. Sci. (Engin.), associate professor,  
biochemistry and biotechnology department, Voronezh State  
University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19  
Voronezh, 394036, Russia, svetlana.yakovleva.68@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3686-9966>


**Ekaterina A. Motina** Cand. Sci. (Engin.), associate professor,  
biochemistry and biotechnology department, Voronezh State  
University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19  
Voronezh, 394036, Russia, emotina18@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3433-2754>

**Татьяна С. Ковалева** к.т.н., кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tanyakova2501@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3531-3811>

**Алексей Н. Яковлев** к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vip.alex2702@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3246-6628>


#### 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.

**Tatiana S. Kovaleva** Cand. Sci. (Engin.), biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tanyakova2501@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3531-3811>

**Alexey N. Yakovlev** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vip.alex2702@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3246-6628>

#### 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.

Поступила 12/07/2023	После редакции 09/08/2023	Принята в печать 28/08/2023
Received 12/07/2023	Accepted in revised 09/08/2023	Accepted 28/08/2023