

Семен Олегович Семенихин^{1✉}, Алла Андреевна Фабрицкая²,
Владимир Олегович Городецкий³, Наиля Мидхатовна Даишева⁴,
Наталья Ивановна Котляревская⁵, Игорь Николаевич Люсый⁶

^{1,2,3,4,5,6}Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

¹semenikhin_s_o@mail.ru

²a.a.gordievskaya@mail.ru

³gorodecky_v_o@mail.ru

⁴hw-daisheva@yandex.ru

⁵kotlyarevskaya_n_i@mail.ru

⁶lyciy_i_n@mail.ru

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИИ ФЕРМЕНТОВ И ЗНАЧЕНИЯ pH ЭКСТРАГЕНТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЕКТИНА ИЗ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

Цель исследования – изучение влияния композиции ферментов и значения pH экстрагента на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома. Задачи: выявить композицию ферментов, обеспечивающую эффективное извлечение пектина, и определить оптимальное значение pH экстрагента, обеспечивающее повышение эффективности извлечения пектина из свекловичного прессованного жома. Объекты исследования – свекловичный прессованный жом, измельченный до размера частиц менее 2 мм, обработанный ЭМП СВЧ при темпе нагрева 0,6 °C/с до достижения температуры 60 °C, и ферменты – целлюлаза, ксиланаза, бактериальная протеаза и грибная протеаза. Установлено повышение эффективности извлечения пектина из свекловичного прессованного жома экстрагентом со значением pH 6,5, содержащим композицию ферментов, включающую целлюлазу и ксиланазу, на 24,32 % по сравнению с контролем – экстрагентом, не содержащим ферменты. Включение протеазы, независимо от ее происхождения – бактериальной или грибной, в композицию ферментов, содержащую целлюлазу и ксиланазу, позволяет повысить эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома на 33,47 % по сравнению с контролем. При значении pH экстрагента 5,5 эффективность извлечения пектина возрастает на 7,91 % по сравнению со значением pH экстрагента 6,5. Однако при значении pH экстрагента 4,5 эффективность извлечения пектина снижается на 8,74 % по сравнению со значением pH экстрагента 6,5. Для максимального извлечения пектина из свекловичного прессованного жома оптимальным значением pH экстрагента, содержащего композицию ферментов, включающую целлюлазу, ксиланазу и протеазу, является значение pH 5,5. Указанное значение pH обеспечивает повышение эффективности катализирующей способности целлюлазы и ксиланазы, несмотря на то, что оно является предельным значением рабочего диапазона для протеазы.

Ключевые слова: свекловичный прессованный жом, пектин, извлечение, ферменты, целлюлаза, ксиланаза, протеаза

Для цитирования: Влияние композиции ферментов и значения pH экстрагента на эффективность извлечения пектина из свекловичного жома / С.О. Семенихин [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7. С. 171–178. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-171-178.

Semyon Olegovich Semenikhin^{1✉}, Alla Andreevna Fabritskaya², Vladimir Olegovich Gorodetsky³, Nailya Midkhatovna Daisheva⁴, Natalya Ivanovna Kotlyarevskaya⁵, Igor Nikolaevich Lyusy⁶

^{1,2,3,4,5,6}Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – branch of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia

¹semenikhin_s_o@mail.ru

²a.a.gordievskaya@mail.ru

³gorodecky_v_o@mail.ru

⁴hw-daisheva@yandex.ru

⁵kotlyarevskaya_n_i@mail.ru

⁶lyciy_i_n@mail.ru

INFLUENCE OF ENZYME COMPOSITION AND EXTRACTANT pH VALUE ON PECTIN EXTRACTION EFFICIENCY FROM BEET PULP

The purpose of research is to study the effect of the composition of enzymes and the pH value of the extractant on the efficiency of extracting pectin from pressed beet pulp. Objectives: to identify the composition of enzymes that provide efficient extraction of pectin, and to determine the optimal pH value of the extractant, providing an increase in the efficiency of extracting pectin from pressed beet pulp. The objects of study are pressed beet pulp, crushed to a particle size of less than 2 mm, treated with microwave EMF at a heating rate of 0.6 °C/s until a temperature of 60 °C is reached, and enzymes – cellulase, xylanase, bacterial protease and fungal protease. An increase in the efficiency of extracting pectin from pressed beet pulp with an extractant with a pH value of 6.5, containing a composition of enzymes, including cellulase and xylanase, by 24.32 % was established compared to the control – an extractant that does not contain enzymes. The inclusion of a protease, regardless of its origin – bacterial or fungal, in the composition of enzymes containing cellulase and xylanase, allows to increase the efficiency of extracting pectin from pressed beet pulp by 33.47 % compared to the control. When the pH value of the extractant is 5.5, the efficiency of pectin extraction increases by 7.91 % compared with the pH value of the extractant 6.5. However, at an extractant pH value of 4.5, the pectin extraction efficiency decreases by 8.74 % compared to an extractant pH value of 6.5. For maximum extraction of pectin from pressed beet pulp, the optimal pH value of the extractant containing the composition of enzymes, including cellulase, xylanase and protease, is pH 5.5. The specified pH value provides an increase in the efficiency of the catalytic ability of cellulase and xylanase, despite the fact that it is the limit value of the operating range for the protease.

Keywords: pressed beet pulp, pectin, extract, enzymes, cellulase, xylanase, protease

For citation: Influence of enzyme composition and extractant pH value on pectin extraction efficiency from beet pulp / S.O. Semenikhin [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(7): 171–178. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-171-178.

Введение. В настоящее время технология получения пектина из растительного сырья и продуктов его переработки предусматривает две основные стадии – кислотный гидролиз сырья и осаждение пектина этанолом. Для кислотного гидролиза наиболее часто применяют минеральные кислоты (серную или соляную), реже – органические (лимонную или молочную). После завершения гидролиза осуществляют коагуляцию молекул пектина этанолом и дальнейшее его отделение фильтрованием [1].

Однако основным недостатком традиционной технологии получения пектина является то, что

кроме гидролиза основных полисахаридов клеточной стенки – целлюлозы и гемицеллюлоз происходит также гидролиз целевого компонента – пектина. В результате химического гидролиза снижается молекулярная масса пектина, а также возможно снижение степени этерификации, что окажет негативное влияние на его свойства.

Перспективным направлением выделения биологически активных веществ из растительного сырья и продуктов его переработки является управляемая трансформация, которая обеспечивает максимальную сохранность целевого ком-

понента [2]. Следует отметить, что осуществлять управляемую трансформацию растительного сырья возможно только при соблюдении селективного воздействия на одни молекулы при полном исключении воздействия на другие, что возможно только при применении ферментов [3]. Кроме этого, для обеспечения максимального выхода целевого компонента при сохранении его свойств необходимо использовать оптимально подобранную композицию ферментов [4].

Таким образом, разработка технологии получения пектина с применением ферментативного гидролиза является актуальной, так как позволяет интенсифицировать процесс экстракции при сохранении молекулярной массы и степени этерификации пектина, а следовательно, и его нативных свойств [5].

Перспективным сырьем для получения пектина является свекловичный жом – вторичный ресурс переработки сахарной свеклы, образующийся в качестве побочного продукта на предприятиях свеклосахарной отрасли в значительных объемах – до 4–5 млн т в год.

В работах египетских исследователей установлено, что при извлечении пектина из сушеного свекловичного жома, предварительно подвергнутого УЗ-обработке в течение 45 мин, экстрагентом с рН 4,8, содержащим композицию ферментов, включающую целлюлазу и ксиланазу при дозировке 300 и 200 ед. активности/г сухого вещества свекловичного жома, достигается эффективность извлечения пектина 33,5 % [6, 7].

Следует отметить, что сушка жома топочными газами насыщает его различными токсичными веществами, вследствие чего существующие технологии являются ресурсо- и энергозатратными, так как предусматривают многократную промывку сушеного свекловичного жома водой и последующее отделение промывной воды пресованием, а также не позволяют получить высококонцентрированный качественный и безопасный целевой продукт – пектин.

Более перспективным сырьем для получения свекловичного пектина является прессованный свекловичный жом. Однако проблема сохранности прессованного свекловичного жома без изменения показателей качества и микробиологических показателей безопасности являлась основной проблемой возможности его применения в качестве сырья для получения пектина.

Следует отметить, что в настоящее время разработаны и внедрены технологические приемы долгосрочного хранения прессованного свекловичного жома в полимерных рукавах без предварительной его сушки.

Кроме этого, вызывает сомнение факт использования в работе коллег только двух ферментов для ферментативного гидролиза – целлюлазы и ксиланазы. Общеизвестно, что основными мембранами клетки сахарной свеклы являются [8]:

- первичная клеточная стенка, представляющая собой целлюлозный каркас, механически связывающий молекулы гемицеллюлоз и пектиновых веществ;

- вторичная клеточная стенка, представляющая собой правильную трехслойную «Деккартову сетку», внешний и средний слой которой состоят из полисахаридов, а внутренний – из белков.

Таким образом, молекулы пектиновых веществ, в т. ч. пектина, также переплетены с молекулами белков. Поэтому, учитывая биохимический состав свекловичного прессованного жома, очевидно, что для извлечения пектина необходимо применять ферменты, направленные не только на разрушение целлюлозы, гемицеллюлоз, но и белков, а именно: целлюлазу, ксиланазу и протеазу.

Учитывая это, выявление композиции ферментов, обеспечивающей эффективное извлечение пектина из свекловичного прессованного жома, является одной из задач настоящей работы.

Следует отметить, что эффективность ферментативной экстракции пектина зависит как от выбранных ферментов, так и от режимов экстракции, таких как рН, температура и длительность процесса. Основной задачей при обработке свекловичного прессованного жома композицией ферментов является обеспечение таких условий среды, в результате которых будет наблюдаться синергетический эффект, обеспечивающий наибольшую эффективность извлечения пектина [9].

Учитывая белковую природу ферментов, на эффективность проявления их каталитических свойств оказывает влияние множество факторов, изменяющих пространственную структуру молекулы, а следовательно, и структуру активного центра.

Наиболее важным фактором является значение pH среды. При оптимальном значении pH наблюдается наибольшая ионизация активных центров ферментного белка. Кроме этого, концентрация ионов водорода влияет на пространственную структуру активного центра. Поэтому даже незначительное изменение pH среды изменяет заряд кислотных и основных групп фер-

мента, а значительное изменение pH среды оказывает влияние не только на пространственную структуру активного центра, но и на четвертичную, третичную и вторичную структуры белковых молекул [8].

В таблице 1 приведены основные характеристики ферментов, выбранных для исследований.

Таблица 1

Основные характеристики ферментов, выбранных для исследований

Фермент	Активность, ед/г	Диапазон значений pH, ед.		Диапазон температур, °С	
		оптимальный	рабочий	оптимальный	рабочий
Целлюлаза	10000	3,5–4,5	2,0–7,0	50–65	30–75
Ксиланаза	10000	5,0–7,0	4,0–7,5	50–60	40–65
Протеаза бактериальная	50000	6,0–10,0	5,5–11,0	55–65	25–70
Протеаза грибная	50000	8,0–10,5	5,5–11,5	50–60	30–70

Проанализировав основные характеристики ферментов, представленные в таблице 1, следует сделать вывод о том, что осуществлять извлечение пектина в оптимальном для всех ферментов диапазоне значений pH не представляется возможным. Кроме этого, следует отметить, что рабочий диапазон значений pH для указанных ферментов – 5,5–7,0 ед. Следует отметить, что минимальным рабочим значением pH для протеаз является значение 5,5, а максимальная их эффективность проявляется в щелочной среде. Однако в нейтральной и щелочной средах инактивируется целлюлаза, являющаяся основным ферментом, гидролизующим целлюлозу, – главный полисахарид, связывающий пектиновые вещества, в т. ч. пектин.

Учитывая это, выявление оптимального значения pH экстрагента, обеспечивающего повышение эффективности извлечения пектина, является другой задачей настоящей работы.

Цель исследования – изучение влияния композиции ферментов и значения pH экстрагента на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома.

Задачи: выявить композицию ферментов, обеспечивающую эффективное извлечение пектина, и определить оптимальное значение pH экстрагента, обеспечивающее повышение эффективности извлечения пектина из свекловичного прессованного жома.

Объекты и методы. В качестве объектов исследования использовали свекловичный прессованный жом, измельченный до размера

частиц менее 2,0 мм, обработанный в ЭМП СВЧ при темпе нагрева, равном 0,6 °С/с, до достижения температуры 60 °С, и ферменты – целлюлазу, ксиланазу, бактериальную протеазу и грибную протеазу.

На первом этапе была проведена серия исследований по влиянию композиции ферментов на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома. Извлечение пектина из измельченного и обработанного ЭМП СВЧ свекловичного прессованного жома осуществляли с применением в качестве экстрагента дистиллированной воды, подкисленной лимонной кислотой до значения pH 6,5, в которую вносили композицию ферментов. Первая композиция ферментов (1) представляла собой смесь целлюлазы и ксиланазы, вторая композиция (2) – смесь целлюлазы, ксиланазы и бактериальной протеазы, а третья композиция (3) – смесь целлюлазы, ксиланазы и грибной протеазы. При проведении исследований дозировка целлюлазы составляла 200, ксиланазы – 200, бактериальной протеазы – 100, грибной протеазы – 100 ед. активности/г сухого вещества измельченного и обработанного ЭМП СВЧ свекловичного прессованного жома. Экстракцию пектина осуществляли при соотношении «измельченный и обработанный ЭМП СВЧ свекловичный прессованный жом : экстрагент», равном 1:15, температуре 60 °С в течение 3 ч с последующим отделением экстракта путем фильтрации.

В качестве контроля извлечение пектина из измельченного и обработанного ЭМП СВЧ свекловичного прессованного жома осуществляли с использованием экстрагента со значением pH 6,5, не содержащего композицию ферментов, при соотношении «измельченный и обработанный ЭМП СВЧ свекловичный прессованный жом : экстрагент», равном 1:15, температуре 60 °С в течение 3 ч с последующим отделением экстракта путем фильтрования.

На втором этапе была проведена серия исследований по влиянию значения pH экстрагента, содержащего композицию ферментов, на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома. Извлечение пектина из измельченного и обработанного ЭМП СВЧ свекловичного прессованного жома осуществляли с применением в качестве экстрагента дистиллированной воды, подкисленной лимонной кислотой до значений pH 4,5; 5,5 и 6,5, в которую вносили композицию ферментов. Композиция ферментов, выявленная на первом этапе, представляла собой смесь целлюлазы, ксиланазы, бактериальной протеазы и грибной протеазы при дозировке 200, 200, 50 и 50 ед. активности/г сухо-

го вещества измельченного и обработанного ЭМП СВЧ свекловичного прессованного жома. Экстракцию пектина осуществляли при соотношении «измельченный и обработанный ЭМП СВЧ свекловичный прессованный жом : экстрагент», равном 1 : 15, температуре 60 °С в течение 3 ч с последующим отделением экстракта путем фильтрования.

Эффективность извлечения пектина из измельченного свекловичного прессованного жома оценивали в процентах, как отношение разницы содержания пектина в жоме до и после экстракции к содержанию пектина в жоме до экстракции. Содержание пектина определяли по ГОСТ 29059-91.

Результаты и их обсуждение. В таблице 2 приведены данные по содержанию пектина в образцах измельченного свекловичного прессованного жома до и после экстракции композицией ферментов, а на рисунке 1 – данные, характеризующие влияние композиции ферментов на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома по сравнению с контролем при значении pH экстрагента 6,5.

Таблица 2

Содержание пектина в образцах измельченного свекловичного прессованного жома до и после экстракции композицией ферментов

Образец жома	Содержание пектина, % в пересчете на абсолютно сухое вещество			
	Контроль	Композиция ферментов		
		1	2	3
До экстракции	12,13	12,13	12,13	12,13
После экстракции	10,50	7,55	6,44	6,44

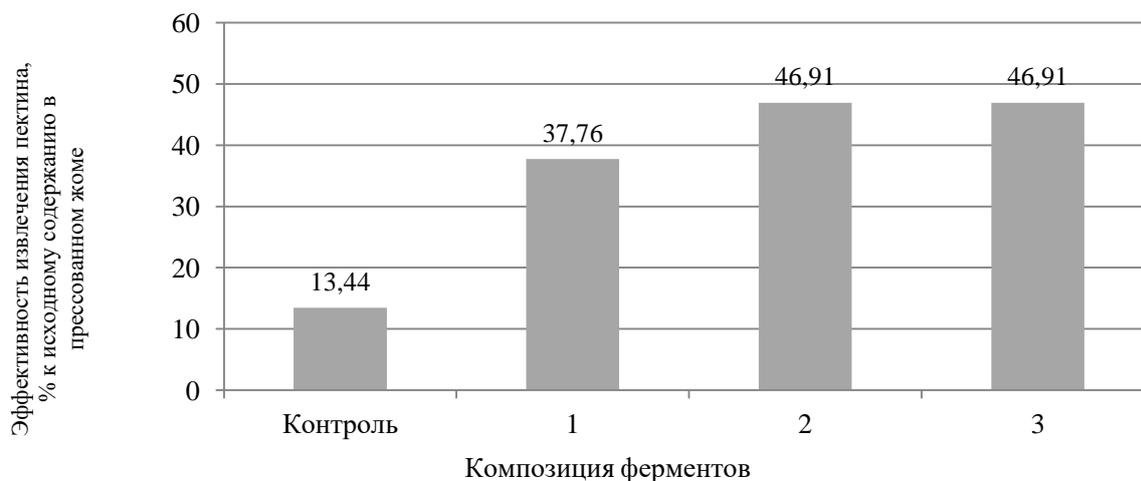


Рис. 1. Влияние композиции ферментов на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома при значении pH экстрагента 6,5

Из представленных в таблице 2 и на рисунке 1 данных следует, что применение композиции ферментов, состоящей из целлюлазы, ксиланазы и протеазы, оказывает положительное влияние на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома по сравнению с контролем. Так, повышение эффективности извлечения пектина из свекловичного прессованного жома при применении первой композиции ферментов составило 24,32 %, а при применении второй и третьей композиций – 33,47 % по сравнению с контролем. Таким образом, при включении в композицию ферментов протеазы, независимо от ее происхождения, бактериального или грибного, эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома возрастает на 9,15 %. Учитывая это, оптимальная композиция ферментов для

извлечения пектина из свекловичного жома должна включать целлюлазу, ксиланазу и протеазу. Принимая во внимание, что происхождение протеазы не влияет на эффективность извлечения пектина, в дальнейшем в композиции ферментов принято решение использовать бактериальную протеазу и грибную протеазу в равных количествах.

В таблице 3 приведены данные по содержанию пектина в образцах измельченного свекловичного прессованного жома до и после экстракции композицией ферментов при различных значениях pH экстрагента, а на рисунке 2 – данные, характеризующие влияние значения pH экстрагента на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома по сравнению с контролем.

Таблица 3

Содержание пектина в образцах измельченного свекловичного прессованного жома до и после экстракции композицией ферментов при различных значениях pH экстрагента

Образец жома	Содержание пектина, % в пересчете на абсолютно сухое вещество		
	Значение pH экстрагента		
	4,5	5,5	6,5
До экстракции	12,13	12,13	12,13
После экстракции	7,50	5,48	6,44

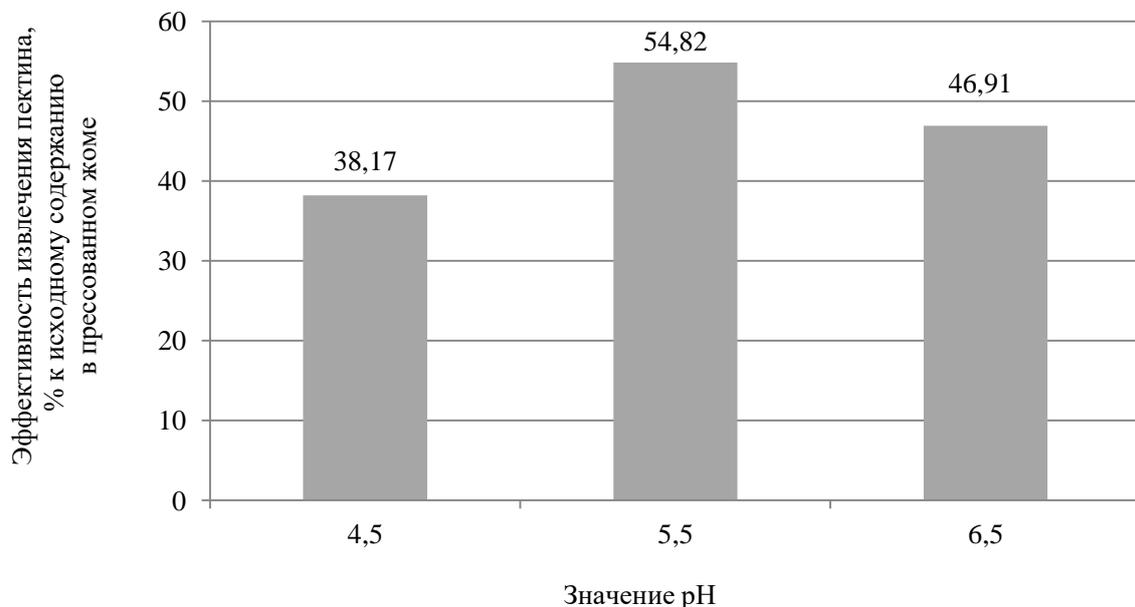


Рис. 2. Влияние значения pH экстрагента на эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома

Из представленных в таблице 3 и на рисунке 2 данных следует, что наиболее эффективным значением pH экстрагента, содержащего композицию ферментов, при обработке свекловичного прессованного жома для извлечения пектина является значение 5,5. Так, эффективность извлечения пектина из свекловичного прессованного жома при значении pH экстрагента 4,5 составила 38,17 %; при значении pH экстрагента 5,5 – 54,82; а при значении pH экстрагента 6,5 – 6,91 %. Таким образом, при значении pH экстрагента 5,5 эффективность извлечения пектина возрастает на 7,91 %, по сравнению со значением pH экстрагента 6,5. Однако при значении pH экстрагента 4,5 эффективность извлечения пектина снижается на 8,74 % по сравнению со значением pH экстрагента 6,5.

Снижение значения pH экстрагента с 6,5 до 5,5, несмотря на то, что оно является предельным значением рабочего диапазона для бактериальной и грибной протеаз, обеспечивает повышение эффективности катализирующей способности целлюлазы и ксиланазы, что объясняет повышение эффективности извлечения пектина.

Однако дальнейшее снижение значения pH экстрагента до 4,5 приводит к полному ингибированию протеаз, вследствие чего эффективность извлечения пектина снижается.

Заключение. Наиболее эффективной композицией ферментов для извлечения пектина из свекловичного прессованного жома является композиция ферментов, состоящая из целлюлазы, ксиланазы и протеазы. Кроме этого, эффект от внесения в композицию протеазы не зависит от ее происхождения, бактериального или грибного. Значение pH экстрагента 5,5 обеспечивает повышение эффективности катализирующей способности целлюлазы и ксиланазы, несмотря на то, что оно является предельным значением рабочего диапазона для протеазы. Однако при извлечении пектина с применением ферментов следует избегать полного ингибирования протеазы, так как при этом эффективность извлечения пектина снижается.

Список источников

1. Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Силин В.Е. Технология производства пектина из выжимок красной смородины (*Ribes rubrum*) // Вестник КрасГАУ. 2014. № 7 (94). С. 195–198.

2. Направления развития технологии ферментативной экстракции пектина / С.О. Семенухин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2022. № 1 (385). С. 6–10. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.1.1.
3. Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology / Nadar Shamraja S. [et al.] // Food Research International. 2018. P. 309–330. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.03.006.
4. Ферментализ сырья как фактор интенсификации процесса выделения фенольных веществ облепихового шрота / Е.Д. Рожнов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2020. № 9 (162). С. 177–184. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-177-184.
5. Уайтхерств Р.Дж. Ферменты в пищевой промышленности / пер. с англ. С.В. Макарова. СПб.: Профессия, 2013. 408 с.
6. 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. 100042. DOI: 10.1016/j.carpta.2021.100042.
7. Enzyme- and acid-extracted sugar beet pectin as green corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solution / W.S. Abou-Elseoud [et al.] // Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 2021. Vol. 2. P. 100072. DOI: 10.1016/j.carpta.2021.100072.
8. Новиков Н.Н. Биохимия растений. М.: Ленанд, 2019. 680 с.
9. Донченко Л.В., Красноселова Е.А. Физико-химические основы процесса извлечения пектина из яблочного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 5-6 (365–366). С. 14–17. DOI: 10.26297/0579-3009.2018.5-6.3.

References

1. Cuglenok N.V., Cuglenok G.I., Silin V.E. Tehnologiya proizvodstva pektina iz vyzhimok krasnoj smorodiny (*Ribes rubrum*) // Vestnik KrasGAU. 2014. № 7 (94). S. 195–198.
2. Napravleniya razvitiya tehnologii fermentativnoj `ekstrakcii pektina / S.O. Semenuhin [i dr.] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pischevaya tehnologiya. 2022. № 1 (385). S. 6–10. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.1.1.

3. Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology / *Nadar Shamraja S.* [et al.] // *Food Research International*. 2018. R. 309-330. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.03.006.
4. Fermentoliz syr'ya kak faktor intensivatsii processa vydeleniya fenol'nyh veschestv oblepivovogo shrota / *E.D. Rozhnov* [i dr.] // *Vestnik KrasGAU*. 2020. № 9 (162). S. 177–184. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-177-184.
5. *Uajtherstv R.Dzh.* Fermenty v pischevoj promyshlennosti / per. s angl. *S.V. Makarova*. SPb.: Professiya, 2013. 408 s.
6. *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. 100042. DOI: 10.1016/j.carpta.2021.100042.
7. Enzyme- and acid-extracted sugar beet pectin as green corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solution / *W.S. Abou-Elseoud* [et al.] // *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. 2021. Vol. 2. P. 100072. DOI: 10.1016/j.carpta.2021.100072.
8. *Novikov N.N.* Biohimiya rastenij. M.: Lenand, 2019. 680 s.
9. *Donchenko L.V., Krasnoselova E.A.* Fiziko-himicheskie osnovy processa izvlecheniya pektina iz yablochnogo syr'ya // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pischevaya tehnologiya*. 2018. № 5-6 (365-366). S. 14–17. DOI: 10.26297/0579-3009.2018.5-6.3.

Статья принята к публикации 04.04.2023 / The article accepted for publication 04.04.2023.

Информация об авторах:

Семен Олегович Семенихин¹, заведующий отделом технологии сахара и сахаристых продуктов, кандидат технических наук

Алла Андреевна Фабрицкая², младший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов

Владимир Олегович Городецкий³, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов, кандидат технических наук

Наиля Мидхатовна Даишева⁴, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов, кандидат технических наук

Наталья Ивановна Котляревская⁵, научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов

Игорь Николаевич Люсый⁶, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов, кандидат технических наук

Information about the authors:

Semyon Olegovich Semenikhin¹, Head of the Department of Technology of Sugar and Sugar Products, Candidate of Technical Sciences

Alla Andreevna Fabritskaya², Junior Researcher, Department of Technology of Sugar and Sugar Products

Vladimir Olegovich Gorodetsky³, Senior Researcher, Department of Technology of Sugar and Sugar Products, Candidate of Technical Sciences

Nailya Midkhatovna Daisheva⁴, Senior Researcher, Department of Technology of Sugar and Sugar Products, Candidate of Technical Sciences

Natalya Ivanovna Kotlyarevskaya⁵, Researcher, Department of Technology of Sugar and Sugar Products

Igor Nikolaevich Lyusy⁶, Senior Researcher, Department of Technology of Sugar and Sugar Products, Candidate of Technical Sciences