

Семен Олегович Семенихин^{1✉}, Алла Андреевна Фабрицкая²,
Владимир Олегович Городецкий³, Наиля Мидхатовна Даишева⁴
Наталья Ивановна Котляревская⁵, Мирсабир Миразалович Усманов⁶

^{1,2,3,4,5,6}Краснодарский НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Северо-Кавказского ФНЦ 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

⁶usmanov_m_m@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПЕКТИНОВОГО ЭКСТРАКТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ПЕКТИНА

Цель исследования – выявление влияния физико-химических методов обработки пектинового экстракта на эффективность процесса осаждения пектина. Задачи: определить эффективный нейтрализующий агент для регулирования значения рН пектинового экстракта, обеспечивающего высокую степень осаждения пектина с применением 96 % этилового спирта. Объекты исследования – пектиновый экстракт, полученный из ферментированного свекловичного жома с применением водного раствора лимонной кислоты и композиции ферментов, состоящей из целлюлазы, ксиланазы и протеазы, а также пектин, полученный из пектинового экстракта путем осаждения 96 % этиловым спиртом. Повышение значения рН пектинового экстракта с 4,1 до 6,0, как с применением в качестве нейтрализующего агента раствора гидроксида аммония, так и с применением раствора гидроксида натрия, позволяет увеличить степень осаждения пектина из экстракта с применением 96 % этилового спирта. Степень осаждения пектина из пектинового экстракта со значением рН 6,0 в случае применения в качестве нейтрализующего агента раствора гидроксида натрия значительно выше (на 11,0 %) по сравнению с этим показателем в случае применения в качестве нейтрализующего агента раствора гидроксида аммония и составляет 85,7 %. Чистота пектина, полученного из пектинового экстракта (рН 6,0) с применением нейтрализующего агента раствора гидроксида натрия, на 11,6 % выше, чем с применением раствора гидроксида аммония, и составляет 86,7 %. Дальнейшими перспективными исследованиями являются исследования эффективности проявления полученным пектином биологических и технологических свойств с целью его применения в технологиях продуктов питания.

Ключевые слова: ферментированный свекловичный жом, пектин, нейтрализующие агенты, осаждение, этиловый спирт, чистота

Для цитирования: Исследование влияния физико-химических методов обработки пектинового экстракта на эффективность процесса осаждения пектина / С.О. Семенихин [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 10. С. 207–214. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-10-207-214.

Semen Olegovich Semenikhin^{1✉}, Alla Andreevna Fabritskaya², Vladimir Olegovich Gorodetsky³, Naila Midhatovna Daisheva⁴, Natalia Ivanovna Kotlyarevskaya⁵, Mirsabir Mirabzalovich Usmanov⁶

^{1,2,3,4,5,6}Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – branch of the North Caucasus 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

⁶usmanov_m_m@mail.ru

STUDY OF THE PHYSICOCHEMICAL METHODS OF PECTIN EXTRACT PROCESSING INFLUENCE ON THE PECTIN PRECIPITATION PROCESS EFFICIENCY

The aim of the study is to identify the effect of physicochemical methods of pectin extract processing on the efficiency of the pectin precipitation process. Objectives: to determine an effective neutralizing agent for regulating the pH value of pectin extract and the pH value of pectin extract, providing a high degree of pectin precipitation using 96 % ethyl alcohol. The objects of the study are pectin extract obtained from fermented beet pulp using an aqueous solution of citric acid and a composition of enzymes consisting of cellulase, xylanase and protease, as well as pectin obtained from pectin extract by precipitation with 96 % ethyl alcohol. Increasing the pH value of pectin extract from 4.1 to 6.0, both with the use of ammonium hydroxide solution as a neutralizing agent and with the use of sodium hydroxide solution, makes it possible to increase the degree of pectin precipitation from the extract using 96 % ethyl alcohol. The degree of pectin precipitation from pectin extract with a pH of 6.0 in the case of using sodium hydroxide solution as a neutralizing agent is significantly higher (by 11.0 %) compared to this indicator in the case of using ammonium hydroxide solution as a neutralizing agent and is 85.7 %. The purity of pectin obtained from pectin extract (pH 6.0) using sodium hydroxide solution as a neutralizing agent is 11.6% higher than with ammonium hydroxide solution and is 86.7 %. Further promising studies are studies of the efficiency of manifestation of bioactive and technological properties by the obtained pectin for the purpose of its application in food technology.

Keywords: fermented beet pulp, pectin, neutralizing agents, precipitation, ethyl alcohol, purity

For citation: Study of the physicochemical methods of pectin extract processing influence on the pectin precipitation process efficiency / S.O. Semenikhin [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(10): 207–214 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-10-207-214.

Введение. Известно, что качество и свойства пектина, получаемого из растительного сырья, зависят как от способа и технологических режимов проведения процесса его извлечения из растительного сырья путем гидролиза, совмещенного с экстракцией, так и от способа и технологических режимов проведения процесса выделения пектина из пектинового экстракта путем его осаждения [1, 2].

Для обеспечения максимального извлечения пектина при сохранении его свойств необходимо осуществлять управляемую трансформацию растительного сырья, которая возможна только при соблюдении селективного воздействия на вещества, образующие клеточную стенку, а

именно: целлюлозу, гемицеллюлозы и белки при полном исключении воздействия на пектин [3].

Ранее нами было показано, что эффективным способом извлечения пектина из прессованного свекловичного жома является его ферментативный гидролиз, совмещенный с экстракцией [4]. При этом степень извлечения пектина из свекловичного жома составила 54,82 %, а остаточное содержание пектина в ферментированном свекловичном жоме – 11,9 %.

При дальнейшем доизвлечении пектина из ферментированного свекловичного жома с применением ультразвуковой обработки достигается степень извлечения 53,05 %, при этом чистота полученного пектинового экстракта составляет 70,8 %.

Известно, что в традиционной технологии для получения пектинового осадка применяют растворители, из которых наиболее распространенным и разрешенным к применению в технологиях продуктов питания является этиловый спирт. Однако осаждение пектина этиловым спиртом из экстракта с низкой чистотой не обеспечит получение конечного продукта высокого качества [5].

По данным коллег, свойства пектина зависят от значения pH пектинового экстракта при осаждении из него пектина с применением 96 %-го этилового спирта [6]. Это обусловлено тем, что значение pH пектинового экстракта предопределяет геометрическую форму молекул пектина в растворе и степень диссоциации ионогенных групп, от которых зависит агрегативная устойчивость пектиновых веществ [7]. Учитывая тот факт, что пектин представляет собой анионный полиэлектролит, линейная плотность заряда оказывает значительное влияние на конформацию молекулы в растворе. При оптимальном значении pH происходит скручивание мономеров вдоль цепи и образование ряда правильных спиральных конформаций, разделенных относительно низкой энергией перехода [8]. Германскими исследователями отмечено, что на конформацию молекулы пектина в растворе наиболее значимое влияние оказывает значение pH, при этом более компактная конформация свекловичного пектина способствует снижению межфазного натяжения на границе раздела фаз масло – вода, что свидетельствует о более высокой эмульгирующей и стабилизирующей способности молекул пектина компактной конформации [9].

Таким образом, для обеспечения эффективных технологических свойств пектина его осаждение из пектинового экстракта следует осуществлять при обеспечении конформации молекул пектина, имеющей низкую линейную плотность заряда.

Учитывая это, исследования, направленные на выявление влияния физико-химических методов обработки пектинового экстракта на эффективность процесса осаждения пектина, являются актуальными и значимыми.

Цель исследования – выявление влияния физико-химических методов обработки пектинового экстракта на эффективность процесса осаждения пектина.

Задачи: определить эффективный нейтрализующий агент для регулирования значения pH пектинового экстракта, обеспечивающего высокую степень осаждения пектина с применением 96 %-го этилового спирта.

Объекты и методы. В качестве объектов исследования был взят пектиновый экстракт, полученный из ферментированного свекловичного жома с применением водного раствора лимонной кислоты и композиции ферментов, состоящей из целлюлазы, ксиланазы и протеазы, а также пектин, полученный из пектинового экстракта путем осаждения 96 %-м этиловым спиртом.

Экстракцию пектина из ферментированного свекловичного жома проводили при температуре 50 °С с использованием водного раствора лимонной кислоты с концентрацией 0,33 % при соотношении «ферментированный свекловичный жом : водный раствор лимонной кислоты», равном 1 : 10, и ультразвуковом (УЗ) воздействии с удельной мощностью 0,24 Вт/см³ в течение 15 с с дискретностью обработки 10 мин и времени экстракции 60 мин. Полученный экстракт отделяли путем фильтрования под вакуумом.

Значение pH пектинового экстракта изменяли с применением нейтрализующих агентов – 25 %-го водного раствора гидроксида аммония и 10 %-го водного раствора гидроксида натрия.

Для определения эффективного нейтрализующего агента, обеспечивающего изменение значений pH пектинового экстракта с исходного значения, соответствующего pH 4,1, до значения pH 7,0, в образцы исходного пектинового экстракта при температуре 20 °С добавляли растворы указанных нейтрализующих агентов при перемешивании в течение 2 мин с частотой вращения мешалки 0,33 с⁻¹.

Затем осуществляли осаждение пектина из пектиновых экстрактов с различными значениями pH следующим образом: пектиновый экстракт смешивали при температуре 20 °С с 96 %-м этиловым спиртом при соотношении (об/об.) экстракт : этиловый спирт, равном 1 : 2, в течение 2 мин с частотой вращения мешалки 0,33 с⁻¹. Полученную смесь выдерживали при температуре 20 °С в течение 60 минут для формирования структуры пектинового осадка.

Разделение фаз на сформировавшийся осадок и жидкую фазу осуществляли путем фильтрования под вакуумом при температуре 20 °С.

В пектиновом экстракте и в осажженном пектине определяли массовую долю пектина кальций-пектатным методом [10].

Оценку эффективности процесса осаждения пектина из пектинового экстракта определяли по степени осаждения, которую рассчитывали в % по формуле

$$C_{ос.} = \frac{П_1 - П_2}{П_1} \cdot 100, \quad (1)$$

где $П_1$ – массовая доля пектина в пектиновом экстракте до осаждения, %; $П_2$ – массовая доля пектина в жидкой фазе после отделения осадка, %.

Чистоту пектина $Ч$, %, рассчитывали по формуле

$$Ч = \frac{П}{СВ} \cdot 100, \quad (2)$$

где $П$ – массовая доля пектина в пектиновом осадке, %; $СВ$ – массовая доля сухих веществ в пектиновом осадке, %.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 приведены в виде диаграммы данные по влиянию значения рН пектинового экстракта (с применением в качестве нейтрализующего агента 25 %-го водного раствора гидроксида аммония) на степень осаждения пектина 96 %-м этиловым спиртом, а на рисунке 2 – по влиянию значения рН пектинового экстракта (с применением в качестве нейтрализующего агента 10 %-го водного раствора гидроксида натрия) на степень осаждения пектина 96 %-м этиловым спиртом.

Сравнительный анализ данных, представленных на рисунках 1 и 2, позволяет сделать вывод о том, что повышение значения рН пектинового экстракта с рН 4,1 до значения рН 6,0, как с применением в качестве нейтрализующего агента раствора гидроксида аммония, так и с применением раствора гидроксида натрия, позволяет увеличить степень осаждения пектина из экстракта, при этом наиболее эффективным значением рН пектинового экстракта является значение рН, равное 6,0.

Следует отметить, что степень осаждения пектина из пектинового экстракта со значением рН 6,0 в случае применения в качестве нейтрализующего агента 10 %-го водного раствора гидроксида натрия значительно выше (на 11,0 %) по сравнению с этим показателем в случае применения в качестве нейтрализующего агента 25 %-го водного раствора гидроксида аммония.

Кроме этого, в процессе осаждения пектина из пектинового экстракта с рН, равном 6,0, полученного с применением в качестве нейтрализующего агента 10 %-го водного раствора гидроксида натрия, было отмечено эффективное формирование осадка при выдерживании смеси пектиновый экстракт – 96 %-й этиловый спирт, начиная с 30 мин.

Учитывая это, на следующем этапе с целью определения времени выдерживания указанной смеси, обеспечивающей достижение степени осаждения пектина, соответствующей 85,7 %, изучали влияние времени выдерживания на степень осаждения пектина.

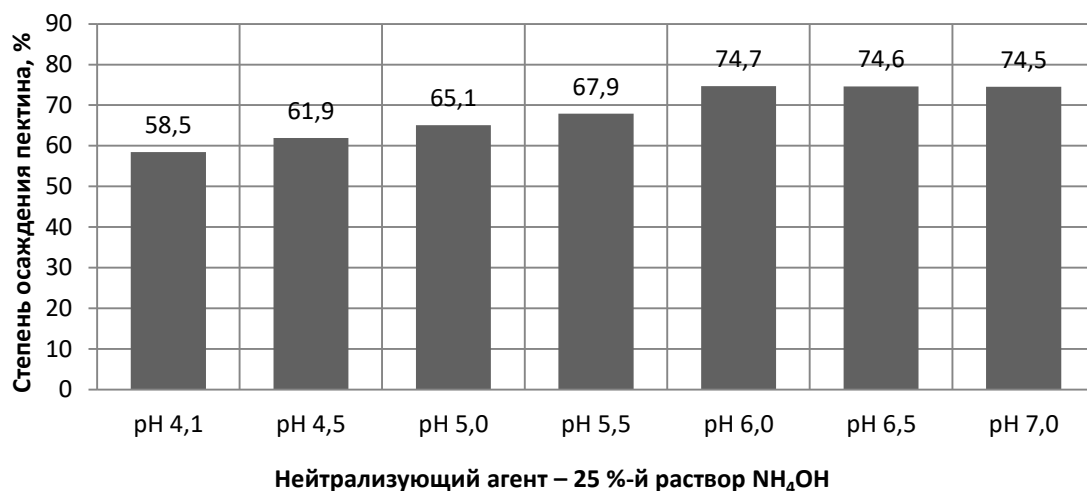


Рис. 1. Влияние значения рН пектинового экстракта, нейтрализованного 25 %-м раствором NH_4OH , на степень осаждения пектина 96 %-м этиловым спиртом

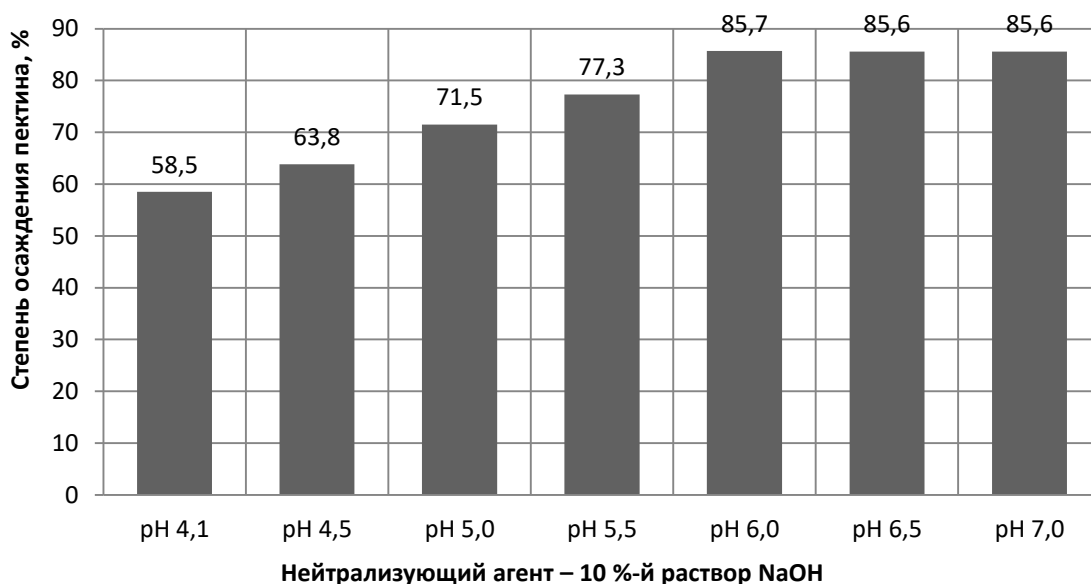


Рис. 2. Влияние значения pH пектинового экстракта, нейтрализованного 10 %-м раствором NaOH, на степень осаждения пектина 96 %-м этиловым спиртом

Для этого смесь пектинового экстракта и 96 %-го этилового спирта выдерживали при температуре 20 °С в течение 30; 35; 40; 45; 50; 55 и 60 мин, а затем определяли степень осаждения пектина.

На рисунке 3 приведены данные по влиянию времени выдерживания смеси пектинового экстракта (с pH 6,0) и 96 %-го этилового спирта на степень осаждения пектина.

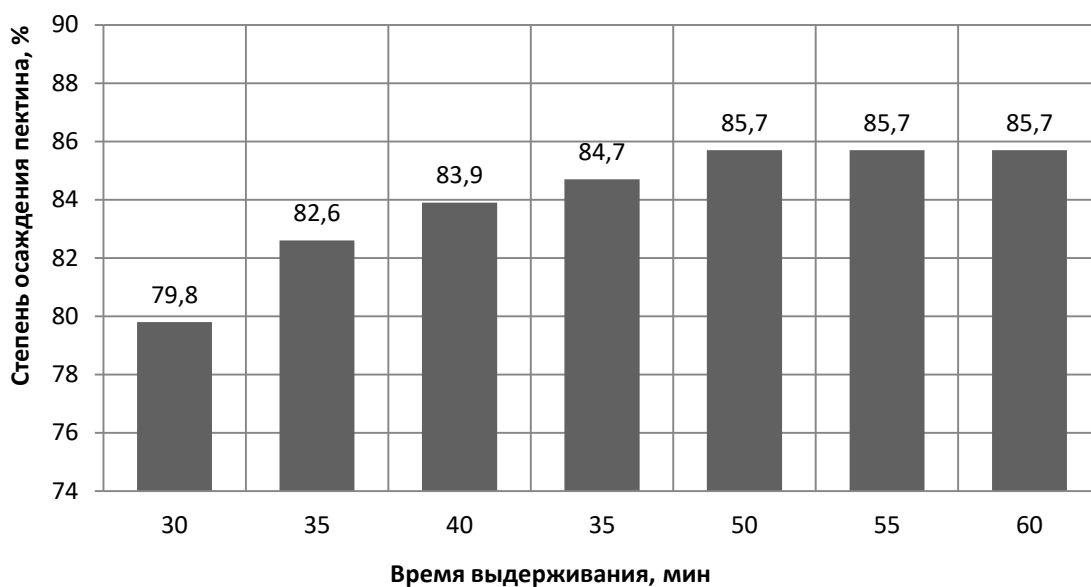


Рис. 3. Влияние времени выдерживания смеси пектинового экстракта и 96 %-го этилового спирта на степень осаждения пектина

Из данных, представленных на рисунке 3, видно, что для достижения степени осаждения пектина этиловым спиртом из пектинового экстракта, соответствующей 85,7 %, достаточно

50 минут выдерживания смеси пектинового экстракта и 96 %-го этилового спирта при температуре 20 °С.

На следующем этапе исследования определяли чистоту пектинов, полученных из пектиновых экстрактов (рН 6,0) с применением в качестве нейтрализующих агентов 10 %-го водного раствора гидроксида натрия (образец 1) и 25 %-го водного раствора гидроксида аммония (образец 2). Для этого пектиновые осадки, отделенные от жидкой фазы путем фильтрования под вакуумом, сушили при температуре 60 °С до постоянной массы с получением пектина.

В таблице приведены полученные экспериментальные данные.

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о том, что в образце 1, полученном из пектинового экстракта (рН 6,0) с применением нейтрализующего агента водного раствора гидроксида натрия путем осаждения 96 %-м этиловым спиртом, чистота пектина на 11,6 % выше, чем в образце 2.

Показатели качества пектина, полученного различными способами, %

Показатель	Образец 1	Образец 2
Чистота пектина	86,7	75,1
Массовая доля балластных веществ	13,3	24,9

Полученные данные еще раз подтверждают эффективность применения в качестве нейтрализующего агента 10 %-го водного раствора гидроксида натрия по сравнению с 25 %-м раствором гидроксида аммония для подготовки пектинового экстракта, а именно – для достижения экстрактом значения рН, соответствующего 6,0, перед осуществлением процесса осаждения пектина 96 %-м этиловым спиртом.

Следует отметить высокую чистоту пектина (86,7 %) в целевом продукте, что позволяет исключить дополнительные стадии его очистки.

Заключение. Таким образом, на основании комплекса проведенных исследований получены новые знания о закономерностях влияния физико-химических методов обработки пектинового экстракта, а именно – о закономерностях влияния нейтрализующего агента – 10 %-го водного раствора гидроксида натрия на регулирование значения рН пектинового экстракта и физическо-го метода осаждения пектина из пектинового экстракта с применением 96 %-го этилового спирта, позволившие обеспечить максимальную степень осаждения пектина, соответствующую 85,7 %, а также получение свекловичного пектина высокого качества – с чистотой 86,7 %.

Учитывая это, дальнейшими перспективными исследованиями являются исследования эффективности проявления полученным пектином биоактивных и технологических свойств с целью его применения в технологиях продуктов питания.

Список источников

1. 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.
2. Аверьянова Е.В., Школьников М.Н., Чаплыгина И.А. Изучение свойств пектина, полученного из вторичных сырьевых ресурсов ягодного сырья Алтайского края // Вестник КрасГАУ. 2016. № 12 (123). С. 118–127.
3. Направления развития технологии ферментативной экстракции пектиновых веществ / С.О. Семенухин [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. 2022. № 1. С. 6–10. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.1.1.
4. Влияние композиции ферментов и значения рН экстрагента на эффективность извлечения пектина из свекловичного жома / С.О. Семенухин [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7. С. 171–178. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-171-178.
5. Хатко З.Н. Влияние балластных веществ свекловичного пектина на его фармакологические свойства // Новые технологии. 2008. № 6. С. 45–48.
6. Хатко З.Н., Донченко Л.В. Влияние рН процесса осаждения свекловичного пектина на показатели его качества // Известия

- высших учебных заведений. Пищевая технология. 1999. № 1 (248). С. 22–23.
- Zdunek A., Pieczywek P.M., Cybulska J. The primary, secondary, and structures of higher levels of pectin polysaccharides // Food Science and Food Safety. 2020. № 20 (1). P. 1101–1117. DOI: 10.1111/1541-4337.12689.
 - Донченко Л.В., Сокол Н.В., Красносельова Е.А. Пищевая химия. Гидроколлоиды. М.: Юрайт, 2019. 180 с.
 - Bindereif V., Karbstein H.P., Zahn K. Effect of Conformation of Sugar Beet Pectin on the Interfacial and Emulsifying Properties // Foods. 2022. Vol. 11, I. 2. P. 214–221. DOI: 10.3390/foods11020214.
 - Донченко Л.В. Технология пектинов и пектинопродуктов. М.: ДеЛи, 2000. 256 с.
 - menihin [i dr.] // Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. 2022. № 1. S. 6–10. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.1.1.
 - Vliyanie kompozicii fermentov i znacheniya rN `ekstragenta na `effektivnost' izvlecheniya pektina iz sveklovichnogo zhoma / S.O. Semenihin [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2023. № 7. S. 171–178. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-171-178.
 - Hatko Z.N. Vliyanie ballastnykh veschestv sveklovichnogo pektina na ego farmakologicheskie svoystva // Novye tehnologii. 2008. № 6. S. 45–48.
 - Hatko Z.N., Donchenko L.V. Vliyanie rN processa osazhdeniya sveklovichnogo pektina na pokazateli ego kachestva // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Pischevaya tehnologiya. 1999. № 1 (248). S. 22–23.
 - Zdunek A., Pieczywek P.M., Cybulska J. The primary, secondary, and structures of higher levels of pectin polysaccharides // Food Science and Food Safety. 2020. № 20 (1). P. 1101–1117. DOI: 10.1111/1541-4337.12689.
 - Donchenko L.V., Sokol N.V., Krasnoselova E.A. Pischevaya himiya. Gidrokolloidy. M.: Yurajt, 2019. 180 s.
 - Bindereif V., Karbstein N.R., Zahn K. Effect of Conformation of Sugar Beet Pectin on the Interfacial and Emulsifying Properties // Foods. 2022. Vol. 11, I. 2. P. 214–221. DOI: 10.3390/foods11020214.
 - Donchenko L.V. Tehnologiya pektinov i pektinoproduktov. M.: DeLi, 2000. 256 s.

References

- Donchenko L.V., Krasnoselova E.A. Fiziko-himicheskie osnovy processa izvlecheniya pektina iz yablochnogo syr'ya // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Pischevaya tehnologiya. 2018. № 5-6 (365-366). S. 14–17. DOI: 10.26297/0579-3009.2018.5-6.3.
- Aver'yanova E.V., Shkol'nikova M.N., Chaplygina I.A. Izuchenie svoystv pektina, poluchennogo iz vtorichnykh syr'evykh resursov yagodnogo syr'ya Altajskogo kraja // Vestnik KrasGAU. 2016. № 12 (123). S. 118–127.
- Napravleniya razvitiya tehnologii fermentativnoj `ekstrakcii pektinovykh veschestv / S.O. Semenihin [i dr.] // Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. 2022. № 1. S. 6–10. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.1.1.
- Vliyanie kompozicii fermentov i znacheniya rN `ekstragenta na `effektivnost' izvlecheniya pektina iz sveklovichnogo zhoma / S.O. Semenihin [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2023. № 7. S. 171–178. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-171-178.
- Hatko Z.N. Vliyanie ballastnykh veschestv sveklovichnogo pektina na ego farmakologicheskie svoystva // Novye tehnologii. 2008. № 6. S. 45–48.
- Hatko Z.N., Donchenko L.V. Vliyanie rN processa osazhdeniya sveklovichnogo pektina na pokazateli ego kachestva // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Pischevaya tehnologiya. 1999. № 1 (248). S. 22–23.
- Zdunek A., Pieczywek P.M., Cybulska J. The primary, secondary, and structures of higher levels of pectin polysaccharides // Food Science and Food Safety. 2020. № 20 (1). P. 1101–1117. DOI: 10.1111/1541-4337.12689.
- Donchenko L.V., Sokol N.V., Krasnoselova E.A. Pischevaya himiya. Gidrokolloidy. M.: Yurajt, 2019. 180 s.
- Bindereif V., Karbstein N.R., Zahn K. Effect of Conformation of Sugar Beet Pectin on the Interfacial and Emulsifying Properties // Foods. 2022. Vol. 11, I. 2. P. 214–221. DOI: 10.3390/foods11020214.
- Donchenko L.V. Tehnologiya pektinov i pektinoproduktov. M.: DeLi, 2000. 256 s.

Статья принята к публикации 13.05.2024 / The article accepted for publication 13.05.2024.

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

Мирсабир Мирабзалович Усманов⁶, научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов

Information about the authors:

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

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

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

Naila Midhatovna Daisheva⁴, Senior Researcher, Department of Sugar and Sugar Products Technology, Candidate of Technical Sciences

Natalia Ivanovna Kotlyarevskaya⁵, Researcher at the Department of Sugar and Sugar Products Technology

Mirsabir Mirabzalovich Usmanov⁶, Researcher at the Department of Sugar and Sugar Products Technology

