





Обоснование способа получения сахара при глубокой переработке свекловичной мелассы

Надежда Г. Кульнева ¹	ngkulneva@yandex.ru	 0000-0003-3802-9071
Павел Ю. Сури́н ²	believe089@gmail.com	 0000-0002-8244-438X
Владимир А. Федорук ³	yzas2006@yandex.ru	 0000-0002-7410-0165
Наталья А. Матвиенко ¹	natali25_81@mail.ru	 0000-0003-4777-003X

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





² ООО "Вик-сервис", ул. Ростовская, д. 58/12, г. Воронеж, 394074, Россия

³ ООО "БМА Руссланд", ул. Комиссаржевской, 10, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. При переработке сахарной свеклы формируется конечный отход – меласса, содержащий сахарозу и другие соединения. В условиях традиционной технологии дальнейшее извлечение сахарозы из мелассы затруднено. Разработана и внедрена технология глубокой переработки мелассы с использованием хроматографической сепарации (дешугаризация), которая позволяет дополнительно извлекать сахарозу. Получаемый экстракт требует дальнейшей переработки на сахарных заводах. Выбору способа переработки экстракта в условиях сахарного производства посвящена данная статья. Рассмотрены различные варианты переработки экстракта: после завершения переработки сахарной свеклы и при совместной переработке свеклы и экстракта. Можно один раз направлять мелассу на станцию дешугаризации, работать с частичным возвратом мелассы или проводить непрерывную переработку получаемой в кристаллизационном отделении сахарного завода мелассы методом дешугаризации. Каждый вариант переработки имеет свои достоинства и недостатки. Проведенный численный анализ показывает, что переработка экстракта со стадией второго прохода приведет к максимальному общему извлечению сахара. Второй по эффективности является бесконечная переработка. Улучшение по сравнению с бесконечной рециркуляцией в способе с повторной переработкой мелассы достигается оптимизацией параметров настройки сепаратора за счет стабильного качества перерабатываемого сырья. Бесконечная переработка приводит к накоплению несахаров, что дестабилизирует качество мелассы и затрудняет настройку сепаратора.

Ключевые слова: свекловичная меласса, дешугаризация, переработка экстракта, получение сахара, сепаратор

Substantiation of a method for producing sugar during deep processing of beet molasses

Nadezhda G. Kulneva ¹	ngkulneva@yandex.ru	 0000-0003-3802-9071
Pavel Yu. Surin ²	believe089@gmail.com	 0000-0002-8244-438X
Vladimir A. Fedoruk ³	yzas2006@yandex.ru	 0000-0002-7410-0165
Natalya A. Matvienko ¹	natali25_81@mail.ru	 0000-0003-4777-003X

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² LLC "Vic-service", Rostovskaya St., 58/12, Voronezh, 394074, Russia

³ LLC "BMA russland", Komissarzhevskaya St., 10, Voronezh, 394036, Russia

Abstract. When processing sugar beets, the final waste is formed - molasses containing sucrose and other compounds. Under the conditions of traditional technology, further extraction of sucrose from molasses is difficult. The technology of deep processing of molasses using chromatographic separation (desugarization) has been developed and implemented, which allows additional extraction of sucrose. The resulting extract requires further processing at sugar factories. This article is devoted to the choice of a method for processing the extract under the conditions of sugar production. Various options for processing the extract are considered: after the completion of the processing of sugar beet and during the joint processing of beet and extract. You can send molasses to a desugarization station once, work with a partial return of molasses, or carry out continuous processing of molasses obtained in the crystallization department of a sugar refinery by desugarization. Each processing option has its own advantages and disadvantages. The performed numerical analysis shows that processing the extract with a second pass stage will lead to the maximum total sugar recovery. The second most efficient is endless recycling. An improvement over endless recycling in the molasses recycling process is achieved by optimizing the separator settings due to the consistent quality of the processed feed. Endless processing leads to the accumulation of non-sugars, which destabilizes the quality of the molasses and makes it difficult to set up the separator.

Keywords: beet molasses, desugarization, extract processing, sugar production, separator

Введение

Свекловичная меласса является наиболее ценным отходом сахарного производства, в котором в соответствии с ГОСТ 30561–2017 Меласса свекловичная. Технические условия остается до 44% сахарозы [1], а также аминокислоты и органические кислоты, бетаин и

минеральные соединения. Традиционными технологиями извлечь эту сахарозу невозможно [2], поэтому мелассу используют для производства хлебопекарных дрожжей, этилового спирта, лимонной кислоты, а также как добавку в корм сельскохозяйственным животным [3–5]. Однако цена продуктов переработки значительно ниже, чем сахар, который можно из нее получить.

Для цитирования

Кульнева Н.Г., Сури́н П.Ю., Федорук В.А., Матвиенко Н.А. Обоснование способа получения сахара при глубокой переработке свекловичной мелассы // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 58–65. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-58-65

For citation

Kulneva N.G., Surin P.Yu., Fedoruk V.A., Matvienko N.A. Substantiation of a method for producing sugar during deep processing of beet molasses. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 58–65. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-58-65

Инженерное решение по глубокой переработке мелассы разработано и внедрено международным поставщиком оборудования компанией ESCON на 3 сахарных заводах ЦЧР, благодаря чему исходное сырье, относящееся к категории «отходы производства», превращается в продукты с высокой добавленной стоимостью [6-8].

Установка по дешугаризации мелассы состоит из трех основных технологических блоков (рисунок 1):

1. предварительная обработка мелассы и воды;
2. хроматографическая сепарация;
3. сгущение [9].

Предварительно подготовленная очищенная меласса и элюент (подготовленная вода) вводятся в хроматографический сепаратор, разбавленный экстракт, разбавленная обедненная меласса и разбавленный бетаин выводятся оттуда и концентрируются на выпарной станции (рисунок 2).

Использование в схеме двух сепараторов, работающих последовательно, позволяет улучшить отделение сахарозы от нес сахаров, обеспечивает извлечение очищенного бетаина из кормовой мелассы без дополнительных затрат на использование смолы или воды. Технологический поток системы с сопряженным контуром показан на рисунке 3.

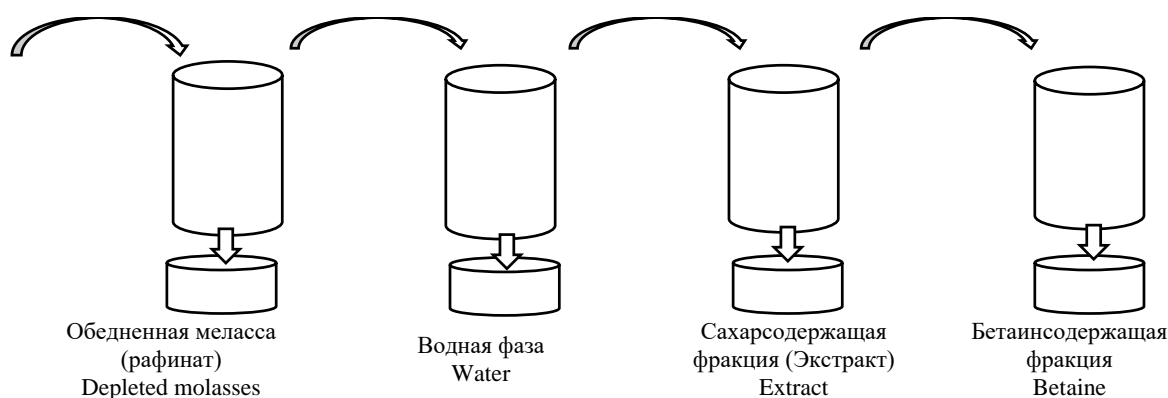


Рисунок 1. Хроматографическое разделение свекловичной мелассы по фракциям

Figure 1. Chromatographic separation of beet molasses into fractions

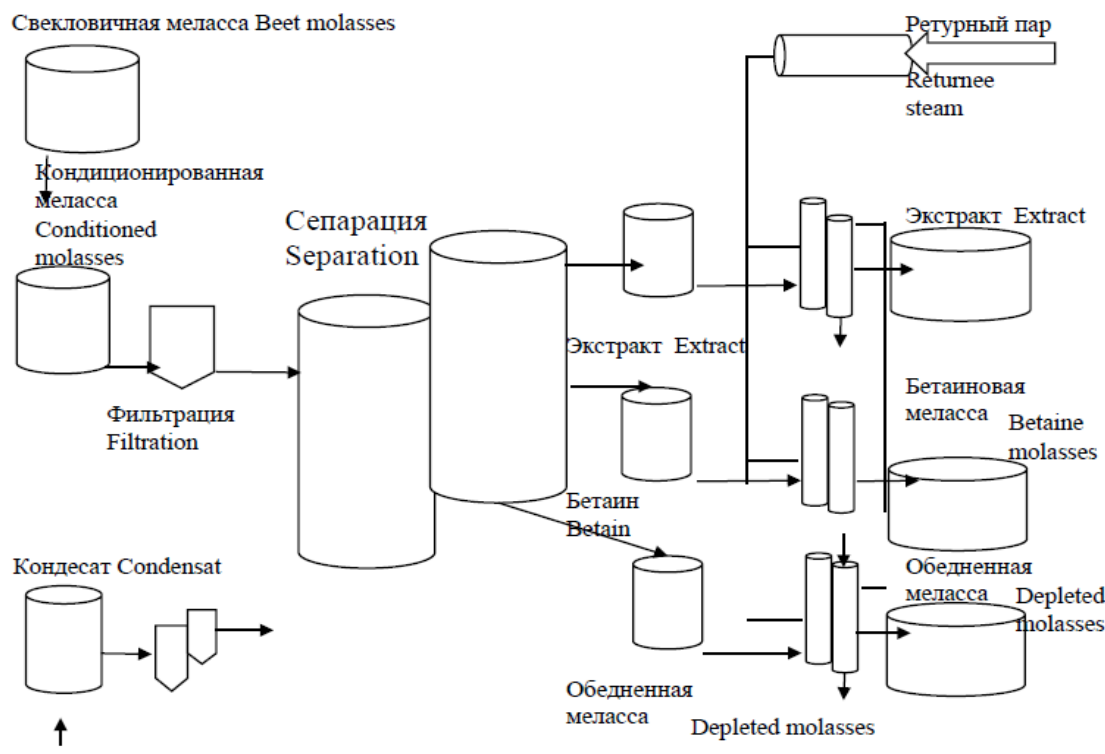


Рисунок 2. Схема переработки свекловичной мелассы

Figure 2. Beet molasses processing scheme



Рисунок 3. Технологический поток системы с сопряженным контуром

Figure 3. Process flow of a conjugate loop system

Проходя через первый контурный сепаратор, исходная меласса разделяется на очищенный поток бетаина и обогащенный сахарозой поток. Поток апгрейд мелассы направляется во второй контурный сепаратор, где большая часть оставшихся несахаров удаляется в рафинате с получением экстракта высокой чистоты. Экстракт из второго контура направляется в кристаллизационное отделение.

Материалы и методы

Известны различные способы включения обработки экстрактов в технологическую схему производства, и модуль дешугаризации мелассы (ДМ) следует оптимизировать в соответствии с этой интеграцией [10]. Поскольку цветность экстракта значительно выше, чем у сиропа, кристаллизация экстракта по стандартной

трехкристаллизационной схеме может быть неэффективной из-за высокой цветности белого сахара. Модификации процесса кристаллизации путем добавления четвертой ступени кристаллизации или смешивания экстракта со стандарт-сиропом в процессе совместной переработки обеспечивают получение из экстракта высококачественного товарного продукта.

Результаты и обсуждение

В связи с сезонным характером сахарного производства целесообразно экстракт после ДМ хранить для выработки сахара после завершения переработки свеклы. Экстракт перерабатывают отдельно по схеме с тремя или четырьмя кристаллизациями. Из-за высокой цветности экстракта товарный сахар не может производиться на первой ступени кристаллизации, поэтому рекомендуется подавать его на вторую ступень (рисунок 4).

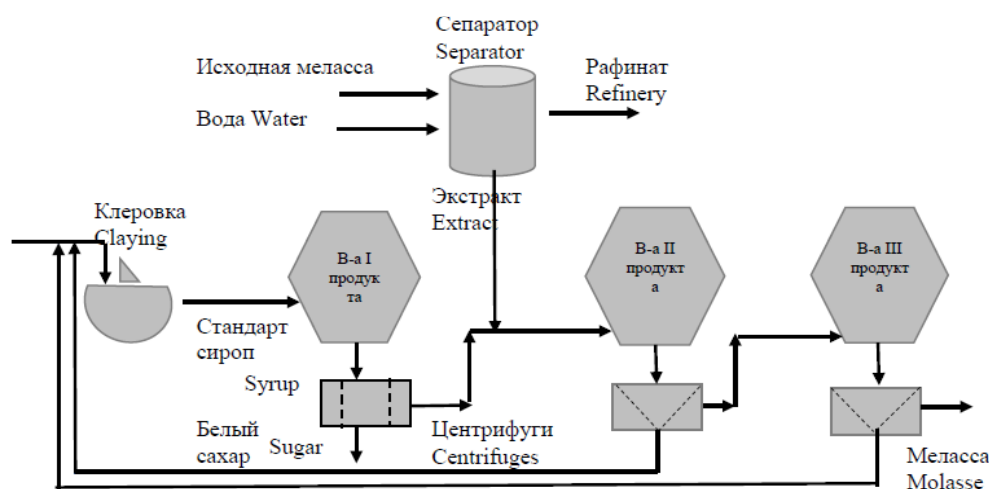


Рисунок 4. Схема получения белого сахара из экстракта с тремя кристаллизациями

Figure 4. Scheme of obtaining white sugar from an extract with three crystallizations

В таблице 1 показаны основные результаты моделирования этой схемы обработки экстракта. Чистота исходной мелассы представляет собой чистоту первичной мелассы, которая подается в сепаратор. Предполагается, что сепаратор обеспечивает чистоту экстракта 93% и извлечение сахарозы 92%. В расчетах предполагается, что конечная чистота мелассы будет 60%, однако прогнозируемая чистота мелассы из экстракта повышается, поскольку экстракт

добавляют при втором уваривании. Можно снизить конечную чистоту мелассы путем рециркуляции мелассы из экстракта в утфель III ступени кристаллизации, но для этого потребуется дополнительная емкость аппарата. В таблице представлены две цветности белого сахара; первая представляет собой сахар, полученный при кристаллизации экстракта, вторая – полученный при кристаллизации стандарт-сиропа.

Таблица 1.

Результаты моделирования однократной обработки экстракта

Table 1.

Simulation results for single-pass processing of the extract

Чистота исходной мелассы, % Good quality of the original molasses, %	Чистота экстракта, % The good quality of the extract, %	Извлечение сахарозы в виде экстракта, % Extraction of sucrose in the form of an extract, %	Чистота мелассы из экстракта, % The good quality of molasses from the extract, %	Переработка экстракта Extract processing		Суммарный результат переработки сиропа из свеклы	
				Выход сахара, % Sugar yield, %	Цветность, ед. ICUMSA Color, units ICUMSA	Выход сахара, % Sugar yield, %	Цветность, ед. ICUMSA Color, units ICUMSA
60.2	93.0	92.0	72.2	81.6	29.9	97.6	19.8

По схеме с повторной обработкой мелассы на станции ДМ, как и в приведенном выше варианте, экстракт обрабатывается после завершения переработки свеклы. В этом случае меласса, полученная после кристаллизации, хранится, а затем направляется через сепаратор для извлечения дополнительной сахарозы. Рекомендуется подавать экстракт второго прохода на вторую ступень кристаллизации из-за высокой цветности.

Возможна переработка экстракта одновременно со стандарт-сиропом, но кристаллизацию экстракта следует производить в отдельном аппарате. Вместо того, чтобы подавать экстракт на вторую ступень уваривания, его можно добавить в первый вакуум-аппарат для обычного процесса трехкратной кристаллизации. Произведенный сахар может иметь повышенную цветность. Экстракт мелассы не направляется на повторную переработку.

Бесконечная переработка экстракта – наиболее простое решение, поскольку не требует хранения мелассы или дополнительных сезонов по кристаллизации. Однако бесконечная рециркуляция снижает производительность сепаратора и может привести к накоплению несахаров, которые нелегко удалить с помощью хроматографии. Эти несахара будут накапливаться в мелассе и отрицательно влиять на работу

сепаратора. Кроме того, рециркуляция экстракта приводит к постоянно меняющимся качествам мелассы, что затрудняет правильную настройку сепаратора.

В этой схеме экстракт из сепаратора смешивается со стандарт-сиропом, и объединенный поток перерабатывается в схеме с тремя кристаллизациями. Часть потока экстракта направляют на вторую ступень кристаллизации для обеспечения стандартной цветности белого сахара. Меласса, полученная после кристаллизации, подается в сепаратор. Поскольку весь поток мелассы направляется обратно в установку ДМ, этот сценарий называется «бесконечной» рециркуляцией.

В другом варианте экстракт из сепаратора смешивается со стандарт-сиропом, который затем обрабатывается по трех кристаллизационной схеме. Чтобы обеспечить стандартную цветность белого сахара, часть потока экстракта снова добавляют на вторую ступень кристаллизации. При этом часть произведенной мелассы отправляется обратно в сепаратор, а часть удаляется в качестве отхода. Это помогает уменьшить накопление несахаров и улучшить производительность сепаратора и качество промежуточных сахаров. Удаленная меласса может храниться для дальнейшей переработки в заводе (рисунок 5).

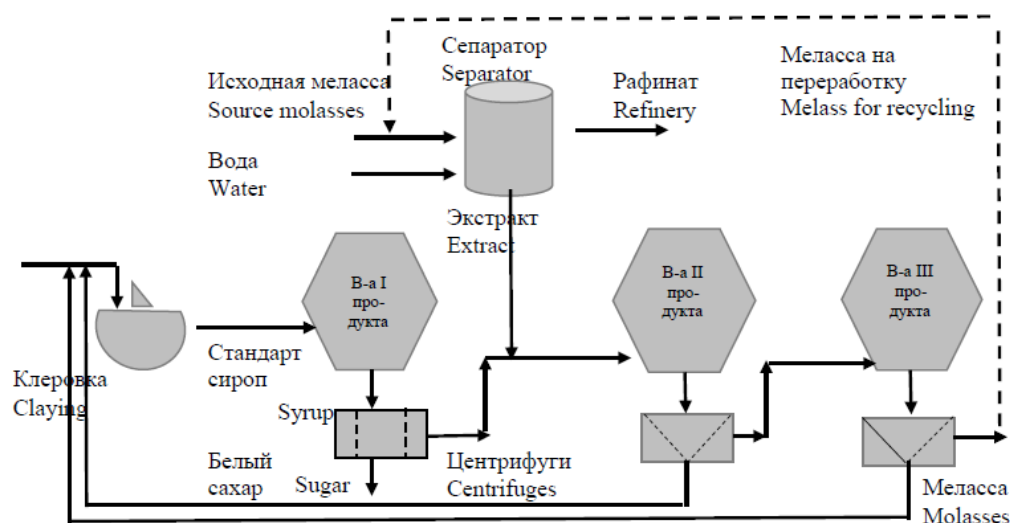


Рисунок 5. Схема переработки экстракта с частичным возвратом мелассы в сепаратор

Figure 5. Extract processing scheme with partial return of molasses to the separator

Результаты моделирования переработки экстракта с частичным возвратом мелассы в сепаратор показаны в таблице 2. Модель сконфигурирована так, что возврат мелассы составляет 5% от общего потока мелассы. На основании промышленных данных предполагается, что

достигается чистота экстракта 91% и извлечение сахарозы 87,5% из-за снижения накопления несахаров. В целом модель предсказывает, что 98,3% сахара в стандарт-сиропо извлекается в виде белого сахара.

Таблица 2.

Результаты моделирования переработки экстракта с возвратом части мелассы в сепаратор

Table 2.

Simulation results of extract processing with return of a part of molasses to the separator

Чистота исходной мелассы, % Good quality of the original molasses, %	Чистота экстракта, % The good quality of the extract, %	Извлечение сахарозы в виде экстракта, % Extraction of sucrose in the form of an extract, %	Переработка экстракта Extract processing		Total sugar yield, %
			Выход сахара, % Sugar yield, %	Цветность, ед. ICUMSA Color, units ICUMSA	
60,7	91,0	87,5	74,5	25,1	98,3

В схеме однократной обработки с обесцвечиванием экстракт из установки ДМ проходит процесс обесцвечивания перед кристаллизацией. Предполагается, что удаляется 60% красящих веществ экстракта. Обесцвеченный экстракт хранят до окончания переработки свеклы и кристаллизуют, не смешивая с продуктами переработки свеклы. Из-за пониженной цветности экстракт можно использовать на первой ступени кристаллизации. Полученную мелассу не подвергают повторной переработке [12–20].

В таблице 3 приведены результаты моделирования каждого способа обработки экстракта. В качестве исходного уровня схемы обработки экстракта сравниваются со стандартным выходом

сахара без дешухаризации мелассы. Этот базовый вариант предполагает, что сироп из свеклы перерабатывают по традиционной схеме с тремя кристаллизациями, а полученную мелассу продают. В базовом варианте обработка экстракта отсутствует. Чистота исходной мелассы – это чистота мелассы, подаваемой в сепаратор. В случае отсутствия обработки экстракта – чистота мелассы, полученной после кристаллизации сиропа из свеклы. Цветность белого сахара для каждого случая – это средний показатель цветности с учетом белого сахара, полученного из свеклы, экстракта и экстракта второго прохода, когда это применимо.

Таблица 3.

Сравнение эффективности различных схем переработки экстракта [11]

Table 3.

Comparison of the effectiveness of various schemes of extract processing

Схема обработки экстракта Extract processing scheme	Чистота исходной мелассы, % Good quality of the original molasses, %	Чистота экстракта из сепаратора, % Purity of the extract from the separator, %	Выход сахарозы в виде экстракта, % The yield of sucrose in the form of an extract, %	Извлечение сахарозы при переработке экстракта, % Recovery of sucrose during extract processing, %	Чистота мелассы из экстракта, % Purity of molasses from the extract, %	Средняя цветность белого сахара, ед. ICUMSA Average color of white sugar, units	Общий выход сахара, % Total sugar yield, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Традиционная без ДМ (исходный уровень) Traditional without molasses desugarization (initial level)	60.2	-	-	-	-	19.8	88.2
Однопроходная, без возврата мелассы на ДМ Single-pass, without return of molasses for desugarization	60.2	93.0	92.0	81.6	72.2	20.8	97.6

Продолжение таблицы 3 | Continuation of table 3

1	2	3	4	5	6	7	8
С возвратом мелассы на ДМ во втором проходе With the return of molasses for desugarization in the second pass	72.2	91.0	89.0	87.5	69.0	21.6	99.1
Совместная переработка сиропа и экстракта Combined processing of syrup and extract	61.6	93.0	92.0	81.6	61.6	18.3	98.3
Бесконечная переработка Endless recycling	60.9	91.0	87.2	74.2	-	25.0	98.9
Переработка с возвратом части мелассы Recycling with the return of a part of molasses	60.7	91.0	87.5	74.5	-	25.1	98.3
Однопроходная с обесцвечиванием экстракта Single-pass with bleaching of the extract	60.2	93.0	92.0	81.6	61.6	20.8	98.4

Заключение

Моделирование позволяет сделать вывод, что переработка экстракта со стадией второго прохода приведет к максимальному общему извлечению сахара. Второй по эффективности является бесконечная переработка. Улучшение по сравнению с бесконечной рециркуляцией

в способе с повторной переработкой мелассы достигается оптимизацией параметров настройки сепаратора за счет стабильного качества перерабатываемого сырья. Бесконечная переработка приводит к накоплению нес сахаров, что дестабилизирует качество мелассы и затрудняет настройку сепаратора.

Литература

- ГОСТ 30561-2017 Меласса свекловичная. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2017. 22 с.
- Potvliet M. Comparison of Results in Desugarization with the Steffen Lime, Barium, and Strontium Processes // Industrial & Engineering Chemistry. 1921. V. 13. №. 11. P. 1041-1042.
- Сидак М.В. Анализ и перспективы развития рынка глубокой переработки побочной продукции и отходов свеклосахарного производства в биотопливо и другие продукты // Сахарная свекла. 2019. №. 10. С. 6-11.
- Шердани А.Д. Супербарботажем - инновационная технология очистки свекловичной мелассы. Сравнение с современными аналогами // Сахар. 2021. №. 5. С. 24-39.
- Farmani B. et al. Powdered Activated Carbon Treatment of Sugar Beet Molasses for Liquid Invert Sugar Production: Effects of Storage Time and Temperatures // Sugar Tech. 2021. P. 1-10.
- Гибадуллина Л.Р. и др. Выделение бетаина из раствора свекловичной мелассы // Biological sciences. 2019. С. 43.
- Schmid M.T. et al. Utilization of desugared sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29 // Process biochemistry. 2019. V. 86. P. 9-15.
- Пат. № 2761113, С13В 99/00. Способ утилизации обедненной мелассы / Кульнева Н.Г., Ноздревых Ю.А. № 2021101369; Заявл. 22.01.2021; Опубл. 06.12.2021, Бюл. № 34.
- Круглик С.В. О способе использования обеднённой мелассы // Сахар. 2020. № 1. С.14-18.
- McGillivray T. et al. Molasses desugarization extract: resolution of problems associated with processing extract // Sugar Industry/Zuckerindustrie. 2009. V. 134. №. 8. P. 540-547.
- Johnson E. et al. Molasses desugarization in the US beet sugar industry: recent update // International Sugar Journal. 2019. V. 121. №. 1449. P. 668-681.
- Urbaniec K., Grabarczyk R. Hydrogen production from sugar beet molasses—a techno-economic study // Journal of cleaner production. 2014. V. 65. P. 324-329. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.08.027
- Sidak M.V. et al. Market analysis and development prospective of by-products and waste as a result of beet sugar production in terms of their deep processing into biofuel and other products // Sakharnaya Svekla. 2019. №. 10. doi: 10.25802/SB.2019.37.92.001


- 14 Vučurović V.M., Puškaš V.S., Miljić U.D. Bioethanol production from sugar beet molasses and thick juice by free and immobilised *Saccharomyces cerevisiae* // *Journal of the Institute of Brewing*. 2019. V. 125. №. 1. P. 134-142. doi: 10.1002/jib.536
- 15 Schmid M.T., Song H., Raschbauer M., Emerstorfer F. et al. Utilization of desugarized sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29 // *Process biochemistry*. 2019. V. 86. P. 9-15. doi: 10.1016/j.procbio.2019.08.001
- 16 Gojgic-Cvijovic G.D., Jakovljevic D.M., Loncarevic B.D., Todorovic N.M. et al. Production of levan by *Bacillus licheniformis* NS032 in sugar beet molasses-based medium // *International journal of biological macromolecules*. 2019. V. 121. P. 142-151. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.10.019
- 17 Duraisam R., Salegn K., Berekete A.K. Production of beet sugar and bio-ethanol from sugar beet and it bagasse: a review // *Int J Eng Trends Technol*. 2017. V. 43. №. 4. P. 222-233.
- 18 Mikulski D., Kłosowski G. Integration of first-and second-generation bioethanol production from beet molasses and distillery stillage after dilute sulfuric acid pretreatment // *BioEnergy Research*. 2021. P. 1-12. doi: 10.1007/s12155-021-10260-w
- 19 Martínez O. et al. Valorization of sugarcane bagasse and sugar beet molasses using *Kluyveromyces marxianus* for producing value-added aroma compounds via solid-state fermentation // *Journal of Cleaner Production*. 2017. V. 158. P. 8-17. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.04.155
- 20 Germec M., Turhan I. Enhanced production of *Aspergillus niger* inulinase from sugar beet molasses and its kinetic modeling // *Biotechnology Letters*. 2020. V. 42. №. 10. P. 1939-1955. doi: 10.1007/s10529-020-02913-1

References


- 1 GOST 30561-2017 Beet molasses. Specifications. Moscow, Standartinform. 2017. 22 p. (in Russian).
- 2 Potvliet M. Comparison of Results in Desugarization with the Steffen Lime, Barium, and Strontium Processes. *Industrial & Engineering Chemistry*. 1921. vol. 13. no. 11. pp. 1041-1042. (in Russian).
- 3 Sidak M.V. Analysis and development prospects of the market for deep processing of by-products and wastes of sugar beet production into biofuels and other products. *Sugar beet*. 2019. no. 10. pp. 6-11. (in Russian).
- 4 Sherdani A.D. Superbarbotage™ is an innovative technology for cleaning beet molasses. Comparison with modern analogues. *Sugar*. 2021. no. 5. pp. 24-39. (in Russian).
- 5 Farmani B. et al. Powdered Activated Carbon Treatment of Sugar Beet Molasses for Liquid Invert Sugar Production: Effects of Storage Time and Temperatures. *Sugar Tech*. 2021. pp. 1-10.
- 6 Gibadullina L.R. Isolation of betaine from beet molasses solution. *Biological sciences*. 2019. pp. 43. (in Russian).
- 7 Schmid M.T. et al. Utilization of desugarized sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29. *Process biochemistry*. 2019. vol. 86. pp. 9-15.
- 8 Kulneva N.G., Nozdrevatykh Yu.A. The method of utilization of depleted molasses. Patent RF, no. 2761113, 2021.
- 9 Kruglik S.V. On the method of using depleted molasses. *Sugar*. 2020. no. 1. pp.14-18. (in Russian).
- 10 McGillivray T. et al. Molasses desugarization extract: resolution of problems associated with processing extract. *Sugar Industry/Zuckerindustrie*. 2009. vol. 134. no. 8. pp. 540-547.
- 11 Johnson E. et al. Molasses desugarization in the US beet sugar industry: recent update. *International Sugar Journal*. 2019. vol. 121. no. 1449. pp. 668-681.
- 12 Urbaniec K., Grabarczyk R. Hydrogen production from sugar beet molasses—a techno-economic study. *Journal of cleaner production*. 2014. vol. 65. pp. 324-329. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.08.027
- 13 Sidak M.V. et al. Market analysis and development prospective of by-products and waste as a result of beet sugar production in terms of their deep processing into biofuel and other products. *Sakharnaya Svekla*. 2019. no. 10. doi: 10.25802/SB.2019.37.92.001
- 14 Vučurović V.M., Puškaš V.S., Miljić U.D. Bioethanol production from sugar beet molasses and thick juice by free and immobilised *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of the Institute of Brewing*. 2019. vol. 125. no. 1. pp. 134-142. doi: 10.1002/jib.536
- 15 Schmid M.T., Song H., Raschbauer M., Emerstorfer F. et al. Utilization of desugarized sugar beet molasses for the production of poly (3-hydroxybutyrate) by halophilic *Bacillus megaterium* uyuni S29. *Process biochemistry*. 2019. vol. 86. pp. 9-15. doi: 10.1016/j.procbio.2019.08.001
- 16 Gojgic-Cvijovic G.D., Jakovljevic D.M., Loncarevic B.D., Todorovic N.M. et al. Production of levan by *Bacillus licheniformis* NS032 in sugar beet molasses-based medium. *International journal of biological macromolecules*. 2019. vol. 121. pp. 142-151. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.10.019
- 17 Duraisam R., Salegn K., Berekete A.K. Production of beet sugar and bio-ethanol from sugar beet and it bagasse: a review. *Int J Eng Trends Technol*. 2017. vol. 43. no. 4. pp. 222-233.
- 18 Mikulski D., Kłosowski G. Integration of first-and second-generation bioethanol production from beet molasses and distillery stillage after dilute sulfuric acid pretreatment. *BioEnergy Research*. 2021. pp. 1-12. doi: 10.1007/s12155-021-10260-w
- 19 Martínez O. et al. Valorization of sugarcane bagasse and sugar beet molasses using *Kluyveromyces marxianus* for producing value-added aroma compounds via solid-state fermentation. *Journal of Cleaner Production*. 2017. vol. 158. pp. 8-17. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.04.155
- 20 Germec M., Turhan I. Enhanced production of *Aspergillus niger* inulinase from sugar beet molasses and its kinetic modeling. *Biotechnology Letters*. 2020. vol. 42. no. 10. pp. 1939-1955. doi: 10.1007/s10529-020-02913-1

Сведения об авторах


Надежда Г. Кульнева д.т.н., профессор, кафедра технологии бро-
дильных и сахаристых производств, Воронежский государствен-
ный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19,
г. Воронеж, 394036, Россия, ngkulneva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3802-9071>


Павел Ю. Сурин ведущий инженер, ООО «Вик-сервис»,
ул. Ростовская, д. 58/12, г. Воронеж, 394074, Россия,
believe089@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8244-438X>

Владимир А. Федорук к.т.н., доцент, ООО «БМА-Руссланд»,
ул. Комиссаржевской, 10, г. Воронеж, 394036, Россия,
yzas2006@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7410-0165>

Наталья А. Матвиенко к.т.н., доцент, кафедра технологии бро-
дильных и сахаристых производств, Воронежский государствен-
ный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19,
г. Воронеж, 394036, Россия, natali25_81@mail.ru

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

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


Nadezhda G. Kulneva Dr. Sci. (Engin.), professor, fermentation
technology and sugar industries departmen, Voronezh State
University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19
Voronezh, 394036, Russia, ngkulneva@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3802-9071>


Pavel Yu. Surin lead engineer, LLC "Vic-service", Rostovskaya St., 58/12,
Voronezh, 394074, Russia, believe089@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8244-438X>

Vladimir A. Fedoruk Cand. Sci. (Engin.), associate professor,
LLC "BMA Russland", Komissarzhevskaya St., 10, Voronezh,
394036, Russia, yzas2006@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7410-0165>

Natalya A. Matvienko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fer-
mentation technology and sugar industries departmen, Voronezh
State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19
Voronezh, 394036, Russia, natali25_81@mail.ru

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

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 10/01/2022	После редакции 07/02/2022	Принята в печать 25/02/2022
Received 10/01/2022	Accepted in revised 07/02/2022	Accepted 25/02/2022