

Основные отходы сахарного производства и их использование

А.А. СЛАВЯНСКИЙ, д-р техн. наук, профессор (e-mail: anatoliy4455@yandex.ru)¹

Д.П. МИТРОШИНА, аспирант (e-mail: d_mitr96@mail.ru)¹

В.А. ГРИБКОВА, канд. техн. наук, доцент (e-mail: vera_gribkova@list.ru)¹

В.А. ЕРМОЛАЕВ, д-р техн. наук, профессор (e-mail: ermolaevwa@rambler.ru)^{2,3}

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»

² ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия»

³ ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва»

Вторичные ресурсы свеклосахарного производства

Одним из приоритетных направлений развития свеклосахарного подкомплекса России является повышение его эффективности и рациональное природопользование. В соответствии со Стратегией экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [17] к глобальным вызовам в этой области относят загрязнение атмосферного воздуха и водных объектов, как и увеличение объёмов отходов производства при низком уровне их утилизации. Решение основных задач государственной политики в области обеспечения экологической безопасности предполагает разработку экологически чистых технологий, рациональное природопользование и повторное использование отходов производства.

Сегодня в России на государственном уровне осуществляются различные мероприятия по охране окружающей среды, к которым можно отнести, например, повышение ставок платы за негативное воздействие на природную среду [16], что касается и предприятий сахарного производства.

Сахарная промышленность играет важную роль в обеспечении населения России социально

значимым продовольствием. При этом основной её продукт – белый сахар является не только составной частью пищевого рациона человека, но и широко применяется в качестве сырьевой основы для технических целей, в кондитерской, хлебопекарной, молочной, консервной промышленности и др.

В России в последние годы особое внимание уделяется проблеме импортозамещения и, в частности, увеличению объёмов производства

сахара из свёклы с повышением его экспортной доли (рис. 1) [1]. Отечественными сахарными заводами в сезоне 2021/22 г. было переработано 37,5 млн т сахарной свёклы, при этом выработано 30 млн т сырого жома и 1,5 млн т свекловичной мелассы.

Сахарная промышленность относится к материалоемким видам производства, поскольку объём сырья и основных технологических средств, а также образующихся побочных продуктов и отходов

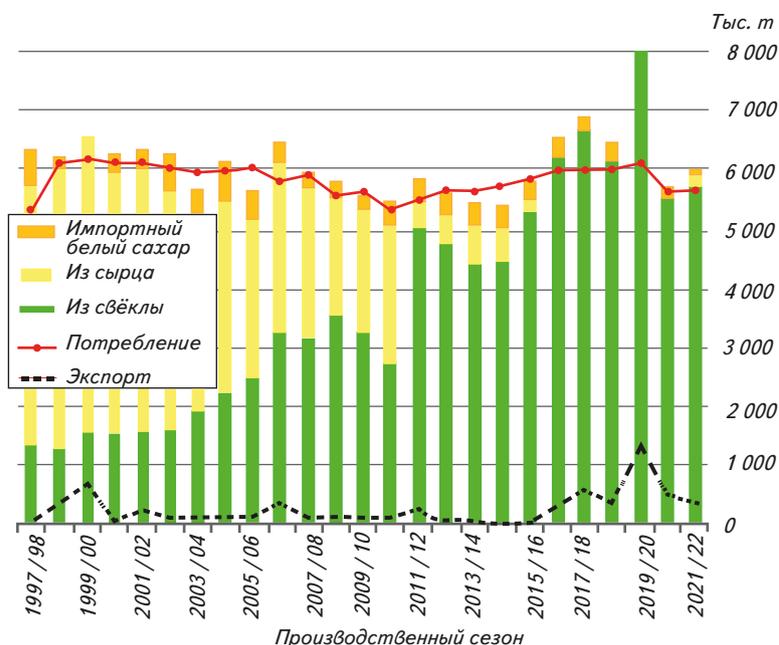


Рис. 1. Структура сахарного производства в России

в несколько раз превышает выход готовой продукции (белый сахар). В технологическом процессе производства сахара образуются такие вторичные ресурсы, как жом, меласса, фильтрационный осадок (рис. 2). Большая часть этих продуктов не подвергается глубокой переработке [2–5].

В результате взаимодействия содержащихся в диффузионном соке несахаров с известью и диоксидом углерода в ходе известково-углекислотной очистки образуется фильтрационный осадок (дефекат). Он состоит из частиц карбоната кальция (CaCO_3) с адсорбированными на их поверхности несахарами органического происхождения. Практическое

использование дефеката, к сожалению, находится на невысоком уровне, несмотря на достаточно большие объёмы его выработки (около 3–4 млн т в год) [7, 14]. Количество фильтрационного осадка составляет от 8 до 12 % к массе переработанной свёклы. Выход осадка зависит от качества сырья (сахарной свёклы) и технологии переработки, что, в свою очередь, определяется химическим составом перерабатываемой свёклы, технологией и техническими возможностями оборудования.

При двухступенчатом отделении осадка от сока (фильтрованием) его предварительно сгущают на фильтрах-сгустителях до плотности 1,15–1,20 г/л, обессахарива-

ют на вакуум-фильтрах и выводят из производства. Получаемый по этой ранее применяемой технологии фильтрационный осадок имеет влажность около 50 %. В результате использования современной технологии с одностадийным фильтрованием сока на камерных и мембранных фильтр-прессах удаляемый из завода фильтрационный осадок содержит не менее 70 % сухих веществ, из которых на долю сахарозы приходится 0,02–0,15 % к его массе [9]. Такой осадок транспортабелен в сухом виде и пригоден в качестве удобрений для кислых почв или добавки к комбикормам.

Химический состав фильтрационного осадка представлен

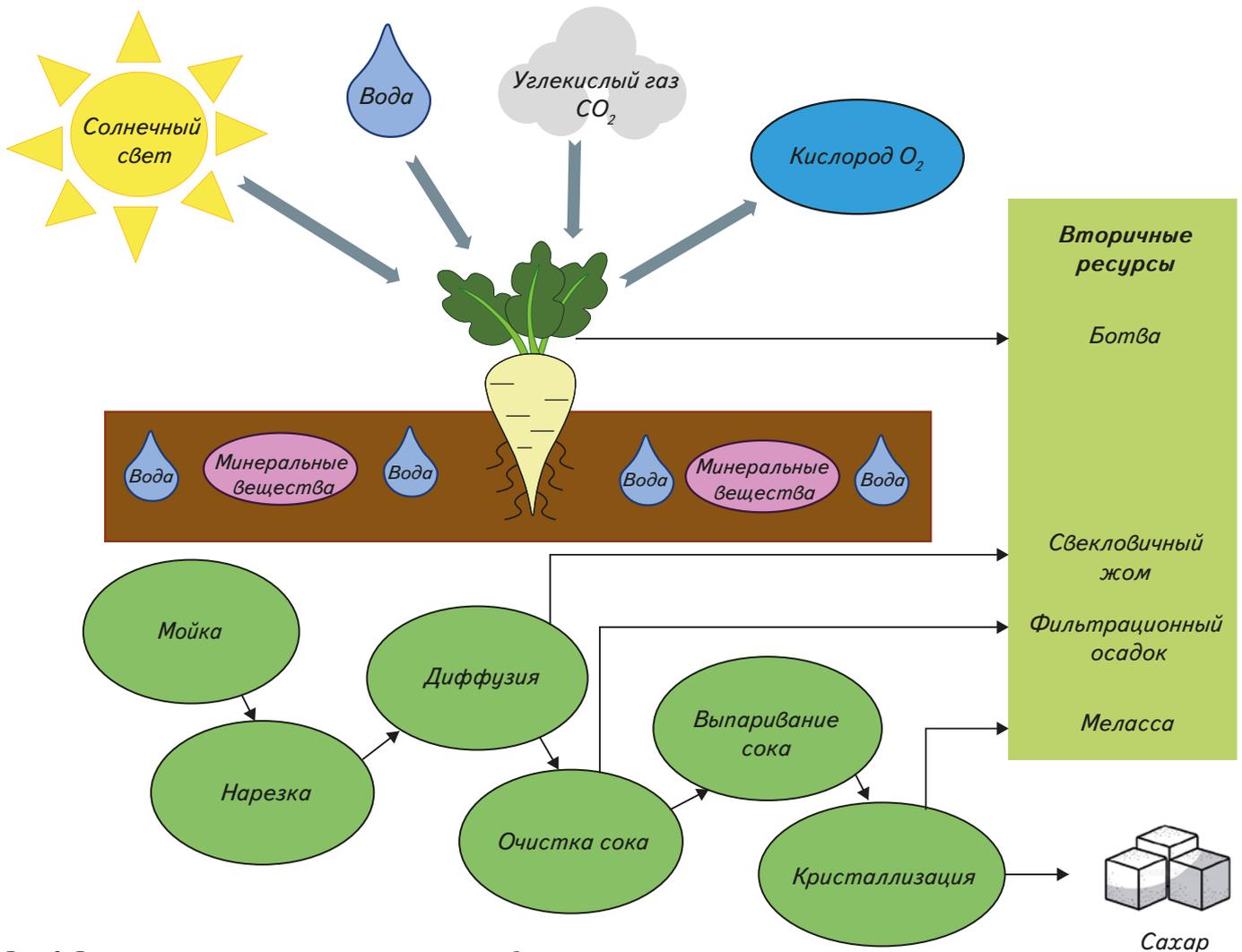


Рис. 2. Вторичные ресурсы свеклосахарного производства

в основном кабонатом кальция – 75–80 %, органическими и минеральными сахарами – 20–25 %. В его состав входят азотистые и безазотистые органические соединения: белки, пектиновые вещества, кальциевые соли щавелевой, лимонной, яблочной и других кислот, а также азот (0,2–0,4 % N), фосфор (0,3–0,5 % P₂O₅), калий (0,3–0,5 % K₂O) [6, 21].

Решение проблем обращения со вторичными ресурсами сахарного производства тесно связано с государственной политикой в области земельного надзора. Этот факт подтверждают поправки, вступившие в силу с 1 января 2015 г. и внесённые в ст. 12 «Цели охраны земель» Земельного кодекса РФ [4]. Основной целью государственного надзора является рациональное использование земель и их защита от негативного воздействия различных техногенных факторов. Сельскохозяйственное землепользование последних десятилетий характеризуется нарастающей деградацией почв вследствие выноса из неё различных питательных веществ, что непосредственно угрожает продовольственной безопасности страны. По данным Государственной агрономической службы России, 56 млн га (45 %) общей пашни имеют низкое содержание гумуса, 43 млн га (36 %) – повышенную кислотность, 28 млн га (23 %) – низкое содержание фосфора и 12 млн га (9 %) – низкое содержание калия, что ограничивает урожайность на этих землях [4]. Одним из направлений использования фильтрационного осадка является внесение его в почву для повышения плодородия. Наличие в химическом составе дефеката карбоната кальция способствует нейтрализации кислотности почвы, разрыхлению её структуры, активизации жизнедеятельности полезных микроорганизмов. По ГОСТ 17.4.3.07-2001

содержание в дефекате тяжёлых металлов не превышает ПДК, поэтому его относят к категории допустимых по степени загрязнения веществ. Ранее проведённые исследования [21] показали, что его внесение в дерново-подзолистую почву Московской области позволяет повысить обменную кислотность (рН KCl) с 5,8 до 6,3 единиц, уменьшить гидролитическую кислотность (Н) с 2,10 до 1,62 мг-экв/100 г почвы, увеличить степень насыщенности почв основаниями (V) с 92,3 до 95,6 %, а также увеличить содержание обменных оснований (S) в почве до 33,15 мг-экв/100 г. По результатам опытов урожайность картофеля с использованием дефеката возросла в среднем на 30 %.

Известно, что фильтрационный осадок может быть регенерирован и повторно использован в процессе очистки на сахарных заводах, что на 70–75 % позволит снизить расход известняка. Процесс регенерации фильтрационного осадка осуществляют путём его обжига в шахтных известково-газовых печах [4]. В табл. 1 представлен химический состав фильтрационного осадка до и после обжига.

Исследования зарубежных учёных позволили уточнить некото-

рые физико-химические характеристики фильтрационного осадка, в том числе после его регенерации [15]. Получены рентгеновские дифрактограммы фильтрационного осадка, не прошедшего регенерацию (рис. 3), и продукта, подвергнутого обжигу (рис. 4). В результате рентгеноструктурного анализа фильтрационных осадков до и после прокаливания было установлено, что их дифрактограммные пики совпадают с ранее установленными пиками карбоната кальция (см. рис. 3 и 4). Отмечено также, что карбонат кальция фильтрационного осадка не содержит в своём составе иных веществ в кристаллическом состоянии.

В настоящее время фильтрационный осадок используют для подкормки сельскохозяйственных животных и птицы, в производстве цемента, силикатного кирпича, асфальтобетонных материалов, резинотехнических изделий, а также для очистки транспортёрно-мочных вод свеклосахарного производства [4].

К весьма важным побочным продуктам свеклосахарного производства относится меласса, содержащая около 50 % сахарозы. Её выход колеблется от 3,0 до 5,5 %

Таблица 1. Химический состав фильтрационного осадка до и после обжига

| Наименование показателя (в массовых долях) | Состав фильтрационного осадка | | |
|--|-------------------------------|------------|------------------------------------|
| | до обжига, % | | после обжига, % к массе извести |
| | к массовой доле осадка | к массе СВ | |
| Потери при прокаливании, в том числе влаги | 68,52 37,84 | – – | 3,27 |
| Диоксид углерода | 37,84 | 29,79 | – |
| Органические вещества, нерастворимые в соляной кислоте | 12,21 | 19,64 | – |
| Примеси + SiO ₂ | 1,72 | 2,76 | 4,75 |
| Оксид кальция | 25,02 | 40,25 | 85,51 |
| Оксид магния | 0,94 | 1,52 | 1,93 |
| Сульфаты | 0,74 | 1,19 | – |
| Полуторные оксиды железа и алюминия | 1,62 | 2,60 | 3,10 |
| Оксид фосфора | 0,77 | 1,24 | 1,24 |

к массе переработанной сахарной свёклы. По внешнему виду меласса представляет собой тёмную вязкую жидкость со специфическим запахом. Требования к её качеству и безопасности зафиксированы в ГОСТ 30561-2017 «Меласса свекловичная. Технические условия».

Химический состав мелассы включает в себя различные микроэлементы: фосфор, магний, натрий, железо, кальций, витамины группы В и др. [18]. Использование мелассы ведётся по нескольким направлениям: промышленное (химическая, фармацевтическая, микробиологическая, деревообрабатывающая, металлургическая промышленность), кормовое (при изготовлении меласированного жома, кормовых дрожжей, кормового белка, лизина, бетаина и др.), техническое (при производстве хлебопекарных дрожжей, этилового спирта, лимонной, щавелевой, молочной, уксусной и других кислот), а также для получения биоэтанола. Кроме того, меласса применяется как сырьё в биотехнологическом производстве для выработки моноглутамата натрия, L-лизина, пенициллина, витаминов и стимуляторов роста. Стоит отметить, что бетаин свекловичной мелассы способствует

биосинтезу витамина B_{12} и она является основным сырьём для его производства. При ферментации 40 кг мелассы получают около 12 л спирта и 130 л барды, содержащей примерно 9 % СВ, которую используют для улучшения кормовых качеств свекловичного жома [4].

Свекловичный жом также является отходом сахарного производства. Его питательная ценность заключается в высоком содержании микроэлементов, таких как железо, медь, барий, кобальт и др. В табл. 2 представлен химический состав этого продукта. Пищевая ценность жома обусловлена также содержанием пектиновых веществ, которые нашли применение в пищевой промышленности, фармакологии и медицине.

Одно из перспективных направлений развития свеклосахарной промышленности – применение её вторичных ресурсов при синтезе пищевых ингредиентов и биологически активных веществ. Довольно широко распространено использование мелассы в качестве субстрата для развития в ней микроорганизмов. Свекловичный жом содержит примерно 100 % углеводов, поэтому он является более чистым и перспективным субстратом для синтеза биологически активных веществ по сравнению с мелассой [19]. Он также может служить в качестве субстрата для микробиологического производства липидов. В результате действия маслянистых дрожжей входящий в состав пектиновых веществ жома галактуронат пре-

Таблица 2. Химический состав свекловичного жома

| Показатель | Содержание в различных видах свекловичного жома, % | | | |
|-------------------------------------|--|----------|---------|---------|
| | Свежий | Отжатый | Кислый | Сушёный |
| Сухие вещества | 6,9–9,0 | 14–20 | 11–15 | 86–93 |
| Вода | 91–94 | 80–86 | 85–89 | 7–14 |
| Сырой протеин | 1,2–1,5 | 1,7–1,9 | 1,3–2,6 | 7–9 |
| Сырая клетчатка | 3,5–4,5 | 5,0–7,0 | 2,8–4,2 | 19–23 |
| Безазотистые экстрактивные вещества | 4,3–6,5 | 8,5–7,0 | 2,7–5,8 | 55–65 |
| Зола | 0,6–1,0 | 8,5–10,0 | 0,7–1,8 | 2,4–4,3 |
| Жир | 0,4–0,7 | 0,6–0,9 | 0,7–1,0 | 0,3–0,5 |

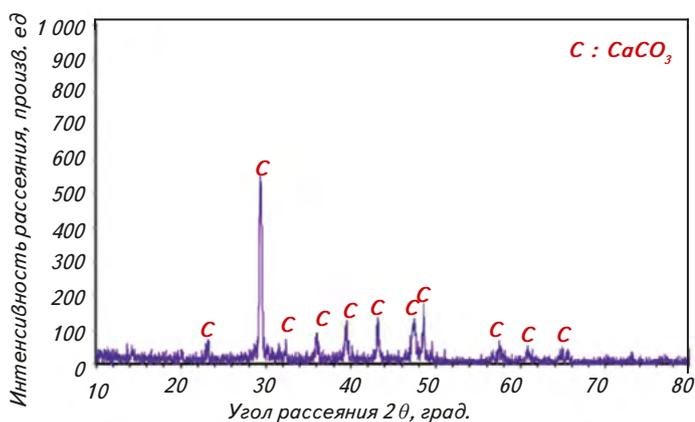


Рис. 3. Рентгеновская дифрактограмма фильтрационного осадка

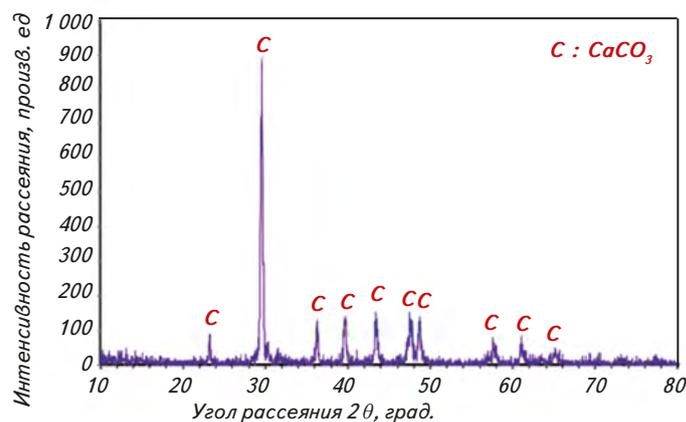


Рис. 4. Рентгеновская дифрактограмма продукта, полученного прокаливанием фильтрационного осадка

вращается в липиды с выработкой до 0,12 г/т. Длина цепи получаемых липидов составляет 16–18 атомов, что аналогично длинам цепей липидов растительных масел.

В химическом составе жома содержится до 1–5 % лигнина – вещества, состоящего из различных ароматических полимеров, в том числе феруловой кислоты. Именно лигнин является одним из веществ для синтеза ванилина. Выход ванилина из 100 г свежесушеного жома может достигать 1 439,3 мг. На сегодняшний день наиболее распространены способы производства ванилина из отходов переработки зерновых культур. Вместе с тем уже известны разработки получения ванилина из свежесушеного жома окислением содержащегося в нём лигнина, как и путём ферментативного гидролиза [20].

В практике сахарных заводов свежесушенный жом высушивают, и в таком виде он находит применение в производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных. Высушенный жом обладает рядом преимуществ по сравнению со свежим: большая продолжительность хранения, меньшие (примерно в 10–12 раз) объём и масса. Перевариваемость экстрактивных веществ и протеина сушёного жома составляет около 75 % [2, 5, 8].

Применение свежесушенного пектина в производстве функциональных продуктов

Увеличение долголетия человека за счёт улучшения его питания является важным направлением развития современного общества. Один из векторов развития пищевой промышленности в соответствии со Стратегией повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года – разработка новой продукции здорового питания,

в том числе посредством обогащения традиционных продуктов [11]. Создание и потребление новых видов пищевых продуктов направлено на обеспечение организма человека макро- и микронутриентами, а также биологически активными веществами. Обогащённые продукты питания оказывают положительное влияние на физиологические функции организма повышением его адаптационного потенциала по отношению к негативному влиянию загрязнений окружающей среды.

В связи с урбанизацией среды обитания на человека действуют различные негативные физические, химические и биологические факторы, что отрицательно влияет на его жизнь и здоровье. Одним из способов снижения такого влияния является включение в рацион питания природных энтеросорбентов. Наибольшей способностью к связыванию токсичных соединений (радионуклидов, тяжёлых металлов, пестицидов и др.) обладает низкоэтерифицированный свежесушенный пектин [8]. Образование и выведение из организма нерастворимых хелатных комплексов с поливалентными металлами обусловлено наличием в химическом составе свежесушенного пектина полимерной цепи полигалактуроновой кислоты, химически активных свободных карбоксильных групп и спиртовых гидроксильных групп. Поэтому особый интерес представляет производство продуктов питания, обогащённых пектиновыми веществами свежесушеного жома. Стоит отметить, что нарушения в структуре питания человека могут привести к росту алиментарно-зависимых заболеваний.

Примерно на 70 % территории Российской Федерации имеет место дефицит такого важного микроэлемента, как йод, что способствует развитию различных

патологий щитовидной железы. В настоящее время опухолевидное увеличение щитовидной железы (зоб) диагностируется у 20–30 % детей в возрасте от 7 до 10 лет, 30–50 % подростков и 30–50 % беременных женщин [9]. Эти данные позволяют говорить об актуальности направления на обогащение продуктов питания йодом.

В ходе проведённых исследований был разработан способ производства сахарного сиропа, обогащённого пектиновым экстрактом и экстрактом ламинарии в качестве натурального источника йода [13]. Данный способ предусматривает растворение кристаллического белого сахара в горячей воде при перемешивании. С целью повышения пищевой ценности сахарного сиропа в него вносят смесь взятых в равных количествах пектинового экстракта с рН 4,0–6,0 и β -циклодекстрина, насыщенного экстрактом ламинарии общей массой 1,5–3,5 % к массе сиропа.

Как микроэлемент йод принимает участие в построении важнейших гормонов. Однако йод минерального происхождения в качестве добавки недостаточно эффективен, он обладает высокой активностью и способен вступать в различные химические реакции, вследствие чего претерпевает необратимые изменения. Поэтому был взят в основу йод в органической форме. Органический йод находится в связанном состоянии и химически инертен. Одним из перспективных источников данной формы йода являются морские водоросли, поэтому разработанный способ предусматривает использование экстракта ламинарии в качестве источника йода. Известно, что ламинария содержит 0,227 % йода, а также примерно 27 % минеральных и 12 % азотсодержащих веществ [10].

В клеточных стенках водоросли ламинарии присутствует природ-

ный полисахарид – альгиновая кислота (15–30 %). Она практически нерастворима в воде и органических растворителях, но одна часть альгиновой кислоты способна адсорбировать 300 массовых частей воды, благодаря чему её используют в качестве загустителя в пищевой промышленности, в том числе при производстве сиропов. В различных отраслях промышленности (пищевая, текстильная, сельскохозяйственная, бумажная, косметическая, фармацевтическая и др.) также широко распространено применение солей альгиновой кислоты (альгинат кальция, альгинат натрия, альгинат калия) в качестве гелеобразователей, загустителей и стабилизаторов [10].

С целью сохранения нативных свойств экстракта ламинарии его вносят в сахаросодержащий рас-

твор в составе β-циклодекстрина (β-ЦД), который представляет собой циклический олигосахарид, состоящий из семи единиц D-глюкопиранозы, соединённых α-1,4-связями. β-ЦД является безопасной пищевой добавкой (E459) и, согласно данным Европейского агентства по безопасности пищевых продуктов (EFSA), его предельная суточная доза составляет 5 мг/кг массы тела человека [12]. К отличительным свойствам β-ЦД можно отнести его способность образовывать комплексные включения со многими биоактивными веществами, блокируя их от реакций окисления, фотодеградации, ферментативного распада, гидролиза и др. На рис. 5 схематично изображено комплексообразование между β-ЦД и экстрактом ламинарии.

На рис. 6 представлена блок-схема производства сахарного сиропа.

При температуре 75–85 °С сироп доводят до 60–76 % сухих веществ. В целях сокращения продолжительности технологического процесса и повышения степени растворения кристаллов сахара при изготовлении сиропов применяют методы кавитационной обработки сахаросодержащих растворов. Явление кавитации вызывает снижение концентрации твёрдых частиц в единице объёма и плотности обрабатываемой среды, при этом в жидкости образуется большое количество пульсирующих пузырьков (каверн). Кавитационно-кумулятивную обработку проводят путём подачи сиропа со скоростью 10–15 м/с через суперкавитирующий статический аппарат

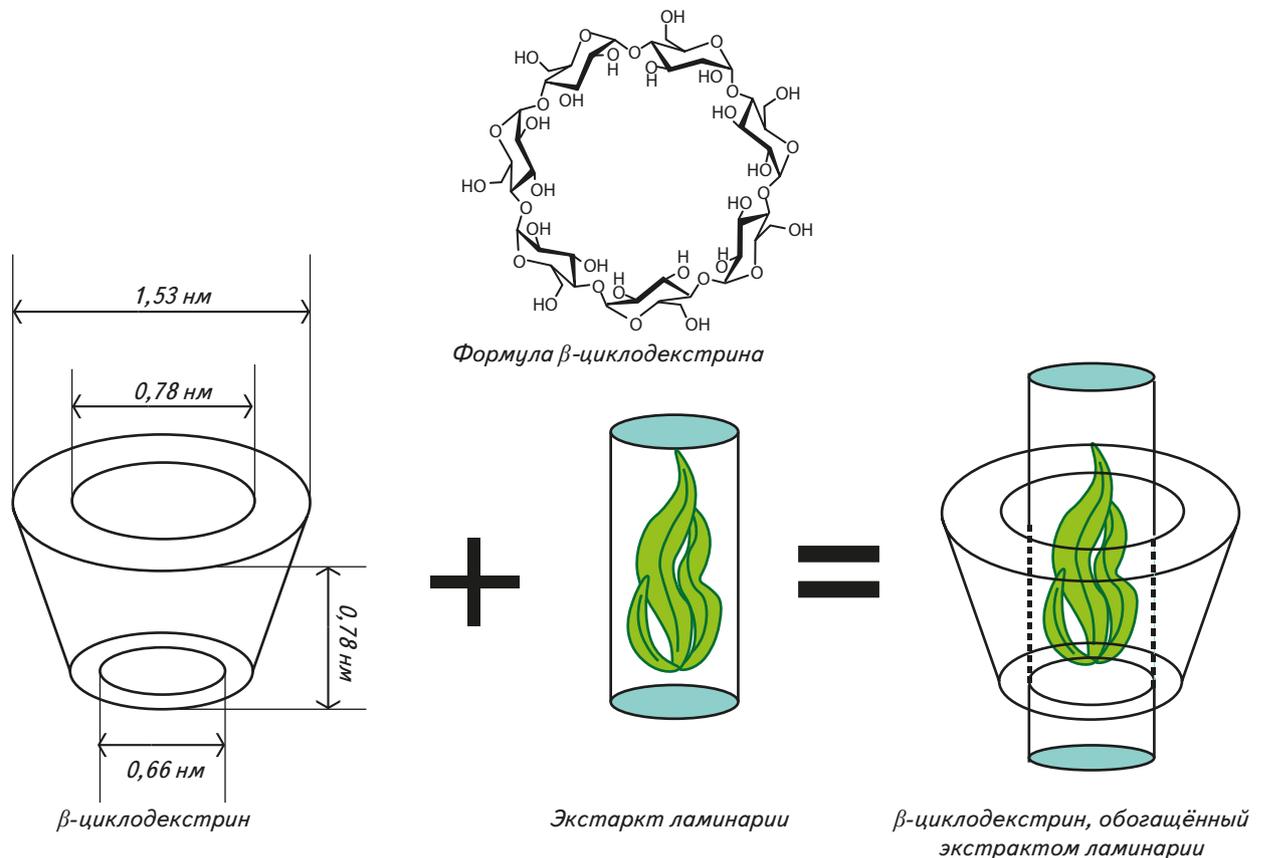


Рис. 5. Образование комплекса между β-ЦД и экстрактом ламинарии

для равномерного распределения в объёме смешивающихся продуктов и предотвращения образования новых центров кристаллизации.

Полученный в соответствии со схемой на рис. 6 сахарный сироп представляет собой прозрачную, вязкую, почти бесцветную жидкость.

Помимо этого, в ходе исследований был проведён сравнительный анализ пищевой ценности традиционного сахарного сиропа и сиропа с экстрактом пектина и ламинарии (табл. 3). Как видно из таблицы, традиционный сахарный сироп обладает пониженной пищевой, но высокой энергетической ценностью. По сравнению с ним сахарный сироп, обогащённый экстрактами пектина и ламинарии, приобретает более высокую пищевую ценность, что обусловлено наличием пищевых волокон. Пектиновый экстракт и содержащаяся в экстракте ламинарии альгиновая кислота увеличивают вязкость сахарного сиропа, благодаря чему можно сократить количество сахара для его производства, следовательно, понизить энергетическую ценность получаемого продукта.

Заключение

В статье рассмотрены вопросы экологии, основные направления и перспективы использования отходов сахарного производства. Дана оценка новых подходов к вопросам переработки вторичного сырья сахарных заводов и возможности их эффективного использования.

Отступление от сбалансированного рациона питания человека может привести к распространению различных алиментарно-зависимых заболеваний, поэтому особую важность на сегодняшний день приобретают проблемы здорового питания, а создание пище-

Таблица 3. Сравнительный анализ пищевой ценности сахарных сиропов

| Показатель | Количество на 100 г | |
|-----------------|---------------------|--|
| | Сахарный сироп | Сахарный сироп с экстрактами пектина и ламинарии |
| Калорийность | 332,5 кКал | 282,6 кКал |
| Белки | 0 г | 0,16 г |
| Жиры | 0 г | 0 г |
| Углеводы | 83,2 г | 52,5 г |
| Пищевые волокна | 0 г | 18 г |
| Вода | 16,8 г | — |

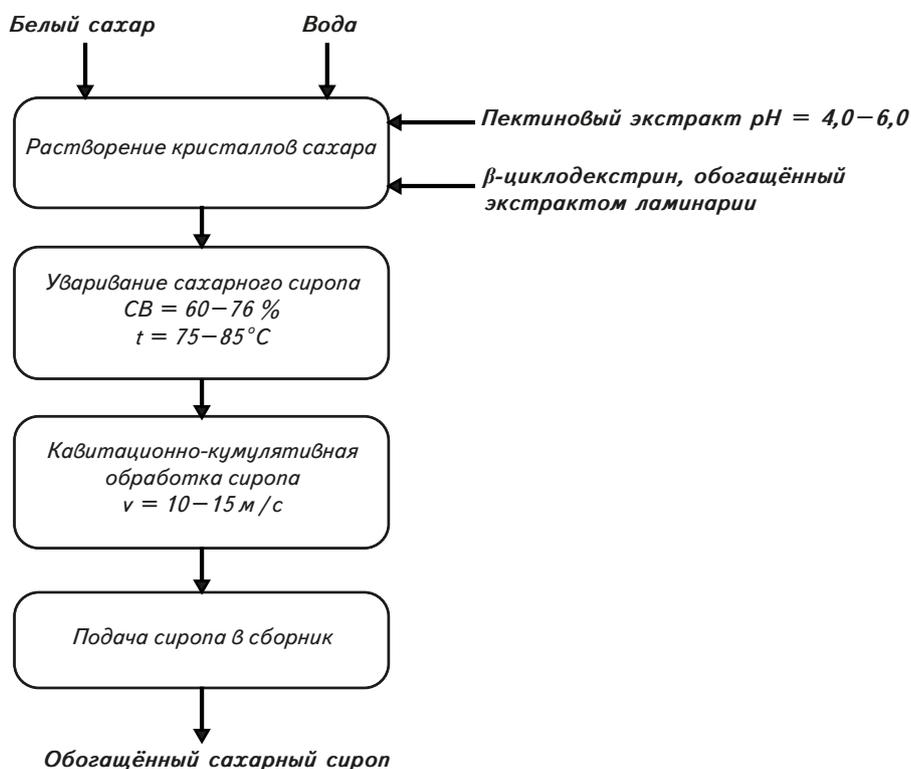


Рис. 6. Блок-схема производства сахарного сиропа

вых продуктов функционального назначения является актуальным. В связи с этим предложена технология производства сахарного сиропа, которая позволяет получить продукт, обогащённый получаемым из свекловичного жома природным энтеросорбентом – экстрактом свекловичного пектина, а также источником органического йода – экстрактом ламинарии. С целью сохранения нативных свойств экстракта ламинарии его вносят в сахарсодержащий раствор в составе β-циклодекстрина.

Разработанная технология предусматривает применение кавитационных технологий с целью повышения качественных характеристик готового продукта. Полученный сироп представляет собой прозрачную, вязкую, почти бесцветную жидкость. Установлено, что введение в состав сахарного сиропа свекловичного пектина и экстракта ламинарии позволит повысить пищевую ценность готового продукта за счёт его обогащения пищевыми волокнами и йодом.

Список литературы

1. Лёвина, М.В. Особенности функционирования рынка сахара в условиях экономической нестабильности / М.В. Лёвина, М.А. Соломахин, А.Н. Греков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (69). – С. 224–227.
2. Теплофизический расчёт сушки свекловичного жома / В.А. Ермолаев, А.А. Славянский, Д.П. Митрошина [и др.] // Сахар. – 2022. – № 4. – С. 20–24.
3. Славянский, А.А. Промышленное производство сахара. – М.: Русайнс, 2021. – 396 с.
4. Ермолаев, В.А. Разработка технологии вакуумной сушки обезжиренного творага : специальность 05.18.04 «Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств» : дисс. ... канд. техн. наук / Ермолаев Владимир Александрович. – Кемерово, 2008. – 134 с. Место защиты: Кемеровский технол. ин-т пищевой промышленности.
5. Просеков, А.Ю. Подбор оптимального давления для вакуумного концентрирования жидких молочных продуктов / А.Ю. Просеков, В.А. Ермолаев // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 6. – С. 69–70.
6. Усовершенствование преддефекционной обработки диффузионного сока / А.А. Славянский, А.М. Гаврилов, Л.Л. Клименко [и др.] // Сахарная промышленность. – 1996. – № 1. – С. 17–20.
7. О механизме осаждения несахаров диффузионного сока на преддефекции / Ю.И. Сидоренко, А.А. Славянский, Г.А. Вовк [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – № 12. – С. 25–28.
8. Донченко, Л.В. Свекловичный жом – стабильный промышленный источник пектина в России // Сахар. – 2018. – № 7. – С. 46–49.
9. Полянская, И.С. Стратегии ликвидации тотального йододефицита населения / И.С. Полянская // Современные проблемы науки и образования : матер. Междунар. (заочной) научно-практич. конференции. Кишинёв, 30 июля 2019 г. – Кишинёв : Научно-изд. центр «Мир науки», 2019. – С. 58–68.
10. Состав йодсодержащих экстрактов из ламинарии японской / Н.М. Амина, Т.И. Вишневская, Г.А. Саяпина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – № 1 (296). – С. 24–27.
11. Распоряжение правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».
12. Экспериментальные исследования антиоксидантной активности комплекса β-циклодекстрингистохром / М.М. Бикбов, Н.А. Никитин, В.К. Суркова [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 2017. – Т. 51. – № 11. – С. 24–28.
13. Заявка на изобретение № 2022107420 от 22 марта 2022 г. Способ получения сахарного сиропа / Д.П. Митрошина, А.А. Славянский, П.В. Просвиряков. – 8 с.
14. Влияние отходов свеклосахарного производства на плодородие дерново-подзолистой почвы при выращивании картофеля / П.Н. Балабко, Т.И. Хуснетдинова, Д.В. Карпова [и др.] // Агротехнический вестник. – 2014. – № 6. – С. 22 – 25.
15. Arslanoğlu, H. Production of low-cost adsorbent with small particle size from calcium carbonate rich residue carbonatation cake and their high performance phosphate adsorption applications // Journal of Materials Research and Technology. – 2021. – Т. 11. – С. 428–447.
16. Постановление Правительства РФ от 1 марта 2022 г. № 274 «О признании в 2022 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду».
17. Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» // Собрание законодательства РФ. – 2017. – № 17. – Ст. 2546.
18. Леонтьева, Е.В. Вклад содержания α-аминного азота в свекловичной мелассе в её потребительскую ценность // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сб. докл. IV Междунар. научно-практич. конференции. Курск, 13–15 июля 2022 г. – Курск : Курский федеральный аграрный научный центр, 2022. – С. 363–367.
19. Славянский, А.А. Пути повышения качества и выхода сахара-песка / А.А. Славянский, А.Р. Сапронов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1988. – № 6. – С. 75–80.
20. Перспективы получения пищевых ингредиентов и биологически активных веществ из свекловичного жома / С.О. Семенихин, В.О. Городецкой, Н.И. Котляревская [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2021. – № 2–3 (380–381). – С. 17–21.
21. Эффективность применения дефеката на дерново-подзолистой почве при выращивании картофеля / П.Н. Балабко, А.А. Славянский, А.М. Головкин [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 3. – С. 23–25.

Аннотация. Статья посвящена проблеме экологической безопасности сахарного производства. Рассмотрены основные виды отходов, которые образуются при производстве сахара. Приведены некоторые направления переработки и утилизации отходов сахарного производства, в том числе для производства функциональных продуктов питания. В ходе исследования был разработан способ производства сахарного сиропа, включающий в себя использование природного энтеросорбента – экстракта свекловичного пектина, а также экстракта ламинарии в качестве источника органического йода. Установлено, что полученный сироп обладает повышенной пищевой ценностью и высокими качественными характеристиками.

Ключевые слова: сахар, отходы, экологическая безопасность, утилизация.

Summary. The article is devoted to the problem of ecological safety of sugar production. The main types of waste that are generated during the production of sugar are considered. Some areas of processing and disposal of sugar production waste, including for the production of functional food products, are given. In the course of the study, a method was developed for the production of sugar syrup, which includes the use of a natural enterosorbent – an extract of beet pectin, as well as an extract of kelp as a source of organic iodine. It has been established that the resulting syrup has an increased nutritional value and high quality characteristics.

Keywords: sugar, waste, environmental safety, recycling.