

Использование жёлтого сахара при производстве продуктов с функциональными свойствами⁵

Н. Г. КУЛЬНЕВА, д-р техн. наук, проф. кафедры технологии бродильных и сахаристых производств (e-mail: ngkulneva@yandex.ru)

Н. А. МАТВИЕНКО, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии бродильных и сахаристых производств

(e-mail: natali25_81@mail.ru)

П. Ю. СУРИН, магистрант (e-mail: believe089@gmail.com)

А. В. ЛАЗАРЕНКО, магистрант (e-mail: lazarenko.anastasja@yandex.ru)

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ВГУИТ)

Введение

Сахарная промышленность играет чрезвычайно важную роль в экономике, поставляя стратегический продукт, обеспечивающий продовольственную безопасность России и являющийся основным сырьём для целой линейки пищевых производств и фармакологии [1]. Однако белый сахар в последние годы утрачивает спрос среди населения и производителей в связи с устойчивым трендом на продукты здорового питания, что создаёт проблемы экономического характера для сахарных заводов. В сложившихся условиях решением проблемы может стать комплексная переработка сырья и отходов (жома, мелассы), рациональное использование полупродуктов производства [2].

Одним из перспективных полупродуктов являются жёлтые сахара, внимание которым не уделялось в связи с большой востребованностью белого сахара. На сегодняшний день получение «полезного» сахара как альтернативы дорогостоящему импортному коричневому сахару является актуальным, в том числе производство сахара с добавками. В качестве добавок можно использовать экстракты растений, природные красители и ароматизаторы.

Несомненным достоинством жёлтых сахаров является кристаллическая основа из сахарозы с остаточным содержанием природных соединений свёклы, включающих аминокислоты, органические кислоты, витамины, минеральные компоненты.

На кафедре технологии бродильных и сахаристых производств ВГУИТ проведены исследования по оценке состава и безопасности жёлтых сахаров, разработаны некоторые решения по их использованию для производства функциональных пищевых продуктов.

Объекты и методы исследований

В работе использовали жёлтый сахар второй и третьей ступеней кристаллизации сахарных заводов Центрально-Чернозёмного региона.

В исследованиях применяли стандартные и инновационные методы: минеральный состав определяли прибором «Капель-105»; массовые доли меди, свинца, кадмия и цинка — на полярографе «Модуль ЕМ-04»; содержание сернистого ангидрида — йодометрическим методом; качественный состав — методом ИК-Фурье-спектроскопии; микробиологические показатели — по ГОСТ 26968-86 [3].

Обсуждение результатов

После центрифуг на поверхности жёлтого сахара удерживается плёнка мелассы, содержащая значительное количество различных несахаров, формирующих высокую цветность и специфический запах [4]. Аффинационная очистка существенно снижает цветность и количество несахаров, повышает чистоту раствора (рис. 1).

Установлено, что наиболее эффективно проводить аффинацию жёлтого сахара клеровкой жёлтого сахара, так как при этом существенно снижается содержание основных несахаров: редуцирующих веществ на 68,4 %, α-аминного азота на 54,7 %, красящих веществ на 66,8 %, минеральных соединений на 92,6 %, чистота повышается на 3,3 %.

Для выбора оптимальных параметров проведения процесса аффинации использовали математические методы планирования эксперимента. Графическая интерпретация влияния входных факторов (X_1 — массовой доли сухих веществ аффинирующего раствора, %; X_2 — температуры раствора, °C; X_3 — продолжи-

⁵ Выбор спонсора научных публикаций осуществляется по усмотрению редакции, любая взаимосвязь между видами деятельности спонсора и результатами научной работы исключается



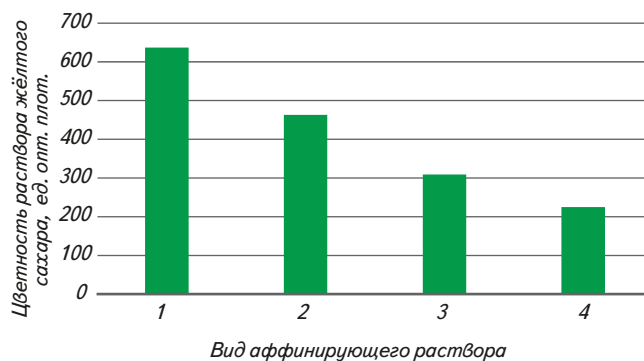
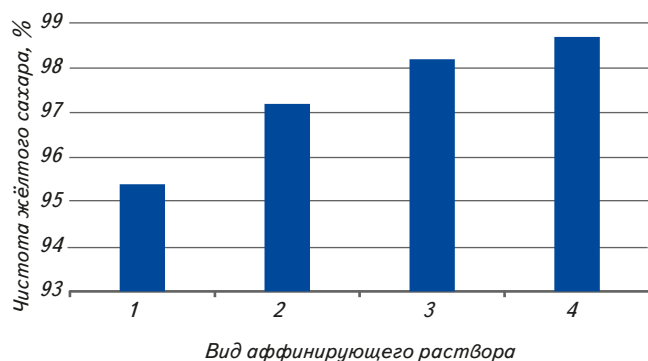


Рис. 1. Влияние вида аффинирующего раствора на качественные характеристики сахара-аффинада: 1 – исходный жёлтый сахар; аффинированный жёлтый сахар: 2 – 1 отлёком утфеля I, 3 – сиропом после выпарной установки; 4 – клеровкой жёлтого сахара

тельности центрифугирования, мин.) на качественные характеристики аффинированного сахара показана на рис. 2.

Анализируя графические зависимости, можно определить оптимальные параметры проведения аффинации: массовая доля сухих веществ аффинирующего раствора – 68 %, температура раствора – 70 °С, продолжительность центрифугирования 5 мин. Проведение аффинации при таких параметрах обеспечивает чистоту аффинированного жёлтого сахара выше 98,0 % и цветность ниже 130 ед. опт. плот. В нём по сравнению с белым сахаром более низкое содержание сахарозы, но присутствуют природные компоненты

сахарной свёклы: минеральные, азотистые, красящие вещества, моносахариды. Аффинированный таким образом жёлтый сахар, имеющий маленький размер кристаллов, может служить основным сырьём для производства различных функциональных продуктов.

На основе метода ИК-спектроскопии исследованы спектры жёлтого сахара исходного и после аффинационной очистки. Данные спектры по своей конфигурации соответствуют ИК-спектру сахарозы, но обнаружены дополнительные слабые пики, характерные для азотсодержащих соединений, аминов, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот. Полученные

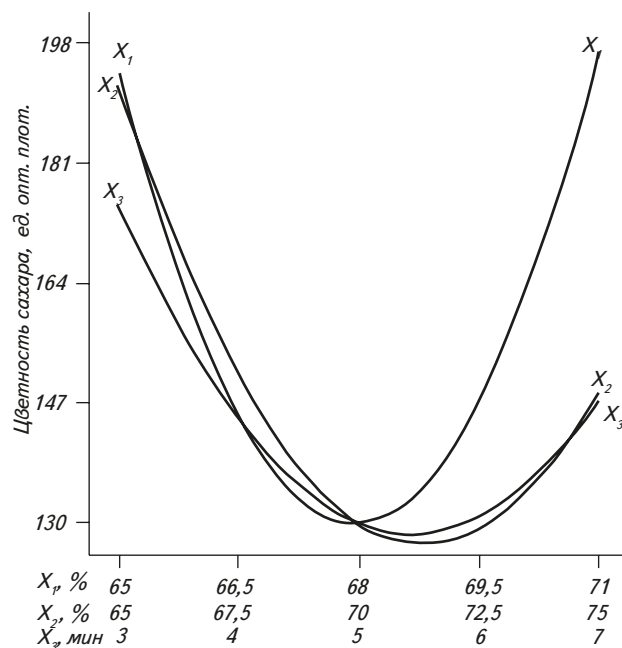
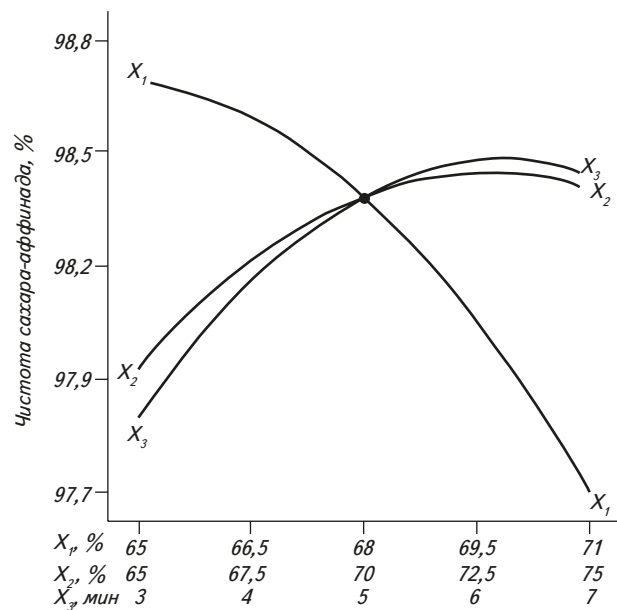


Рис. 2. Влияние параметров процесса аффинации на качественные показатели сахара-аффинада: а – чистоту, %; б – цветность, ед. опт. плот.



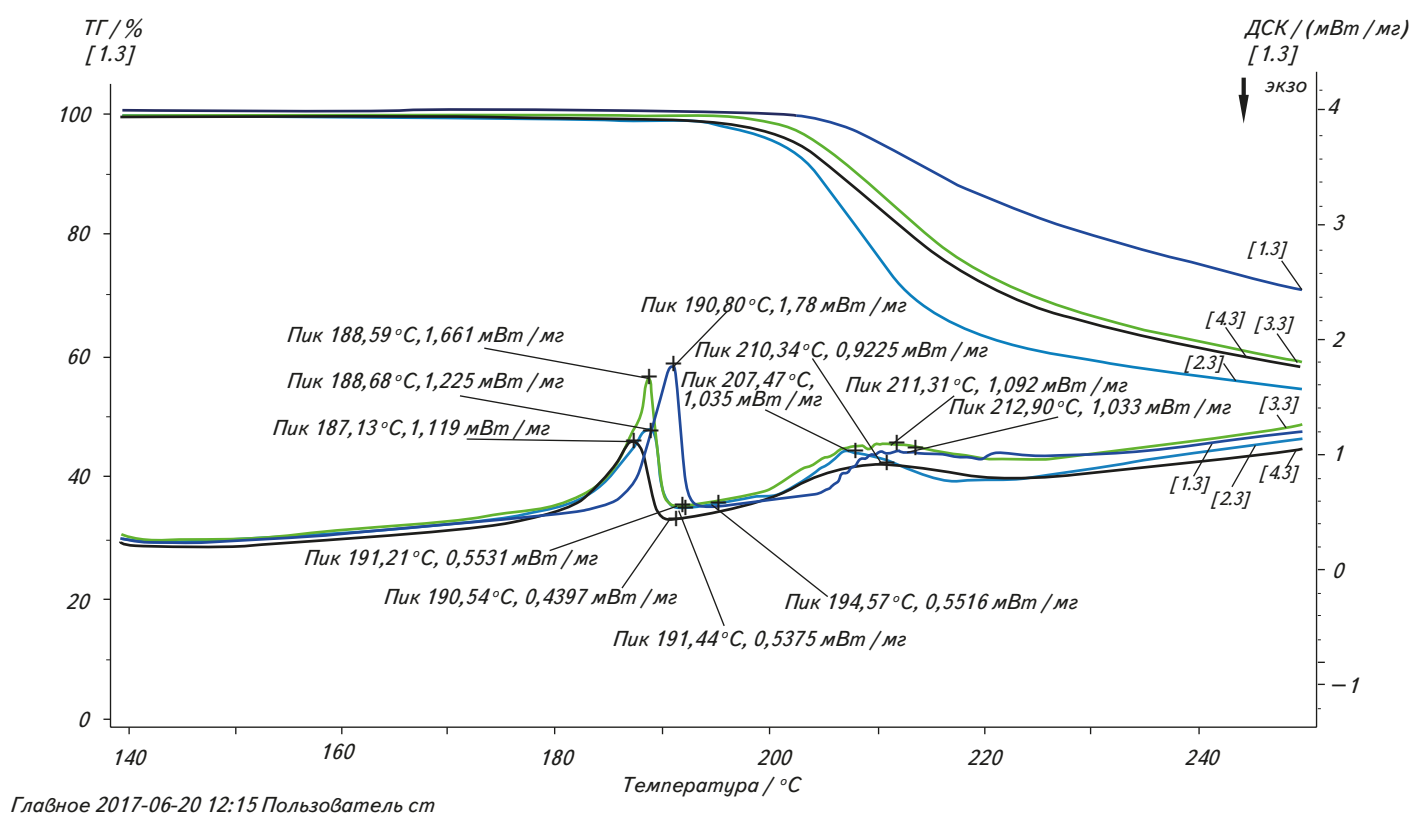
результаты свидетельствуют о более разнообразном химическом составе жёлтого сахара по сравнению с сахарозой и белым сахаром.

Проведённый термогравиметрический анализ подтверждает достаточную термостабильность жёлтого сахара: процесс фазового перехода с последующим распадом его компонентов наблюдается при температурах выше 188 и 207 °С соответственно, что близко к определённым нами значениям для белого сахара (190 и 212 °С) (рис. 3).

Удаление части нес сахаров позволяет использовать жёлтый сахар после аффинации в качестве альтернативы белому сахару в целом ряде производств при

условии, что он соответствует требованиям по показателям безопасности и микробиологическим характеристикам. Для оценки возможности использования аффинированного сахара в пищевых производствах исследовали его минеральный состав и показатели безопасности в сравнении с белым и исходным жёлтым сахаром.

В соответствии с требованиями международных стандартов содержание диоксида серы (SO_2) в сахаре не должно превышать 20 мг/кг. Экспериментально установлено, что содержание SO_2 в исходном жёлтом сахаре 0,16 мг/кг, в аффинированном — 0,10 мг/кг, что приближается к показателям белого



[1.3] 19.06.2017_Белый сахар_2_250_AI + диск + крышка_N2_60.ngb-ds3

— ДСК

— ТГ

[2.3] 19.06.2017_Жёлтый сахар_2_250_AI + диск + крышка_N2_60.ngb-ds3

— ДСК

— ТГ

[3.3] 19.06.2017_Аффинированный сахар_2_250_AI + диск + крышка_N2_60.ngb-ds3

— ДСК

— ТГ

[4.3] 19.06.2017_Аффинированный сахар_с_добавкой_2_250_AI + диск + крышка_N2_60.ngb-ds3

— ДСК

— ТГ

Рис. 3. Термогравиметрические и калориметрические характеристики сахаров



Таблица 1. Содержание минеральных компонентов в сахаре

Минеральные соединения, мг/100 г	Вид сахара			Эффективность аффинации, %
	Белый	Жёлтый	Аффинированный	
Калий	1,041	2781	159,8	94,25
Натрий	12,88	1564	669,3	57,21
Магний	1,077	25,48	8,906	65,05
Кальций	77,05	278,41	219,1	21,30

сахара (0,09 мг/кг). В процессе аффинации удаляется 38 % SO_2 .

Минеральный состав определяли количественным определением компонентов методом КЭ с косвенным детектированием при длине волны 254 нм после минерализации отобранной пробы сахара (табл. 1).

По результатам анализа можно сделать заключение о значительном удалении в процессе аффинации некоторых катионов, содержащихся в плёнке межкристалльного раствора. Остаточное их количество значительно выше, чем в белом сахаре, что позволяет обогащать готовую продукцию при использовании в качестве сырья аффинированного жёлтого сахара для обеспечения организма человека минеральными соединениями [5].

Важным показателем безопасности пищевой продукции является нормативное содержание тяжёлых металлов. Результаты их определения приведены в табл. 2.

Проведённые исследования свидетельствуют о значительном вкладе процесса аффинации в удаление токсичных элементов.

Таблица 2. Содержание токсичных элементов в пробах сахара

Определяемый элемент	Вид сахара			Эффект аффинации, %
	Допустимое значение	Жёлтый	Аффинированный	
Свинец, мг/кг	1,0	0,178	0,014	92,13
Кадмий, мг/кг	0,05	0,029	0,005	82,75
Медь, мг/кг	1,0	2,57	1,68	34,63

Таблица 3. Содержание различных групп микроорганизмов в жёлтом сахаре

Вид сахара	Группы микроорганизмов (КОЕ/г сахара)				
	КМА-ФАнМ	Слизеобразующие	Термофильные	Плесневые грибы	Дрожжи
Жёлтый сахар	$0,97 \times 10^5$	$0,8 \times 10^4$	$0,4 \times 10$	$0,1 \times 10^4$	$0,3 \times 10^4$
Сахар-аффинад	$0,62 \times 10^4$	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены

Результаты определения микробиологических показателей представлены в табл. 3.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в жёлтом сахаре содержится значительное количество микроорганизмов с преобладанием слизиобразующей микрофлоры. В процессе аффинационной очистки вместе с поверхностной плёнкой полностью удаляются дрожжи, плесневые грибы, слизиобразующие и термофильные микроорганизмы, существенно снижается общее микробное число.

Аффинированный жёлтый сахар можно использовать в технологиях, где предусмотрена высокотемпературная обработка полупродуктов, способствующая подавлению микрофлоры, например при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий.

Проведена опытная выпечка по рецептуре сдобного печенья «Детская забава» с заменой белого сахара жёлтым аффинированным сахаром (табл. 4, рис. 4) [6]. Экспериментально установлено, что печенье с заменой белого сахара жёлтым имеет привлекательный внешний вид, по качественным характеристикам соответствует требованиям ГОСТа, а по показателю

Таблица 4. Сравнительная характеристика показателей качества печенья «Детская забава»

Показатели	Образцы печенья		Требования ГОСТ 24901-2014
	Контрольный образец	Образец с жёлтым сахаром	
Массовая доля влаги, %	4,1	4,5	Не более 16,0
Щёлочность, град.	1,6	1,6	Не более 2,0
Намокаемость, %	142,7	152,38	Не менее 150





Контроль

Образец с жёлтым сахаром

Рис. 4. Образцы сдобного печенья в результате замены белого сахара жёлтым сахаром-аффином

намокаемости превосходит контрольный образец в связи с повышенным содержанием редуцирующих веществ.

Одно из перспективных направлений использования аффинированного жёлтого сахара — получение сахаристых продуктов, обогащённых биологически активными веществами. Жёлтый сахар имеет существенные преимущества перед белым:

- содержит природные компоненты свёклы;
- содержит меньшее количество сахарозы;
- по показателям безопасности соответствует нормативам;
- отличается мелким размером кристаллов, что не требует дополнительного измельчения перед формированием изделий.

В качестве обогатителя при производстве сахаристых продуктов можно использовать порошки, экстракты, соки плодов и овощей, что придаст изделиям функциональные свойства [7].

Разработана технология получения функционального сахаристого продукта на основе аффинированного жёлтого сахара и порошка шиповника. Плоды шиповника отличаются богатым химическим составом и содержат минеральные вещества, витамины (С, А, Е, К, Р, группа В), кислоты (лимонная, олеиновая, яблочная, линолевая и др.), сахара, фитонциды, дубильные вещества. Высокомолекулярные полисахариды (клетчатка и пектиновые вещества) обладают гидрофильными свойствами и придают дополнительную прочность продукту, флавоноиды и каротиноиды формируют цвет, эфирные и жирные масла — аромат готовой продукции [8].

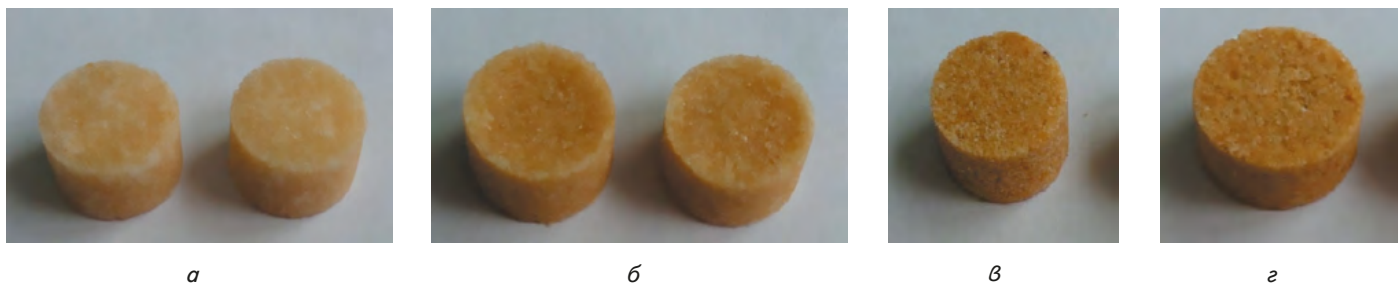
С увеличением расхода порошка шиповника цветность образцов увеличивается, поэтому количество добавки не должно превышать 3 % (рис. 5).

Предложена технология производства сахаристых изделий на основе аффинированного жёлтого сахара и пищевых волокон из свекловичного жома. Технология получения пищевых свекловичных волокон разработана в Северо-Кавказском НИИ сахарной свёклы и сахара. Пищевые волокна прошли экспертную оценку и санитарно-химические исследования в институте питания РАМН, получено разрешение на их использование [9].

Изделия изготавливали по рецептуре помадных конфет с уменьшенным расходом карамельной патоки и содержанием пищевых волокон до 5 %. Образцы имеют светло-коричневый цвет, гармоничные вкус и аромат с привкусом карамели без использования дополнительного сырья, устойчивую форму и консистенцию, свойственную помадным конфетам (рис. 6).

Выводы

Проведённые исследования позволяют сделать вывод, что жёлтый сахар является перспективным сырьём для производства продуктов с функциональными свойствами. Аффинация раствором по-



а

б

в

г

Рис. 5. Влияние количества добавки порошка шиповника, % к массе сахара, на внешний вид образцов сахаристого продукта: а — без добавки; б — 1; в — 3; г — 5





Рис. 6. Образцы сахаристых изделий на основе аффинированного жёлтого сахара и пищевых волокон из свекловичного жома

вышенной чистоты позволяет по показателям безопасности привести его к стандартным значениям, снизить содержание сульфитов на 38 % и значительно уменьшить микробную обсеменённость. Аффинированный жёлтый сахар отличается богатым минеральным составом, в нём не выявлено патогенной микрофлоры.

Предлагаем изготавливать функциональные продукты на основе аффинированного жёлтого сахара с добавлением БАВ.

Применение аффинированного жёлтого сахара в условиях кондитерского производства обеспечит высокие качественные характеристики готовой продукции и обогатит её природными компонентами свёклы.

Список литературы

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации: утв. Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20.
2. Разработка и обоснование способа получения сахара с биологически активными добавками / Н.Г. Кульнева, А.С. Губин, Г.Э. Бираро // Сахар. — 2018. — № 5. — С. 10–13.
3. Оценка качества и безопасности жёлтого сахара как основы для создания функциональных продуктов [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. — 2020. — № 63(3). — С. 336–348.
4. Кульнева, Н.Г. Получение функционального продукта из сахарной свёклы / Н.Г. Кульнева, Т.В. Свиридова, М.В. Копылов // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве : Матер. Всероссийской национальной научно-практич. конф. — Тю-

мень : ГАУ Северного Зауралья, 21–22 мая 2020 г. — С. 201–206.

5. Гигиенические показатели аффинированного жёлтого сахара / Н.Г. Кульнева, Т.В. Свиридова, А.В. Никулина, Е.С. Вялкина // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений : сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф., посв. 90-летию технологического факультета ВГУИТ. — Воронеж : ВГУИТ, 2019. — С. 435–438.

6. Использование полупродуктов сахарного производства при изготовлении мучных кондитерских изделий / Н.Г. Кульнева, Т.А. Шемякова, С.А. Носкова, А.В. Герасимова, М.П. Демяник // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств [Электронный ресурс] : Матер. XX Междунар. научно-практич. конф. 14–15 марта 2019 г. / АлтГТУ им. И.И. Ползунова. — С. 204–207.

7. Патент РФ № 2 647 507 Способ производства сахара МПК C13B 30/14 (2011.01) / Н.Г. Кульнева, Г.Э. Бираро, Ю.С. Куценко, Е.Н. Астапова // Заявл. 07.11.2016; № 2016143510; Оpubл. 16.03.2018; Бюл. № 8.

8. К вопросу разработки сахаристых продуктов, обогащённых биологически активными веществами / Н.Г. Кульнева, П.Ю. Сурин, А.В. Герасимова, С.А. Носкова // Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств: сб. матер. конф. — М. : МГУПП, 2019. — С. 106–111.

9. Пищевые волокна: производство и использование [Электронный ресурс]. — URL: http://www.agroyug.ru/page/item/_id-539 / (Дата обращения: 28.07.2021)

Аннотация. Рассмотрена возможность получения продуктов с функциональными свойствами на основе полупродуктов свеклосахарного производства – жёлтых сахаров и пищевых волокон из свекловичного жома. Предложен способ очистки жёлтых сахаров методом аффинации. С использованием современных методов исследованы химический состав и показатели безопасности жёлтого сахара.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, функциональные пищевые продукты, жёлтые сахара, аффинация, показатели безопасности.

Summary. The possibility of obtaining products with functional properties based on intermediate products of beet sugar production – yellow sugars and dietary fiber from beet pulp is considered. A method for the purification of yellow sugars by the affination method is proposed. The chemical composition and safety indicators of yellow sugar have been studied using modern methods.

Keywords: sugar beet production, functional foods, yellow sugars, affinity, safety indicators.

