

Научная статья/Research Article

УДК 664.12:54-145.2:535.249

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-140-148

Марина Ивановна Егорова^{1✉}, Любовь Николаевна Пузанова², Ирина Сергеевна Михалева³

^{1,2,3}Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

¹rniisp@gmail.com

²info@rniisp.ru

³ismihaleva@mail.ru

ОЦЕНКА РИСКА ОТКЛОНЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕЛОГО САХАРА ПО ПОКАЗАТЕЛЮ МУТНОСТИ РАСТВОРА

Цель исследования – оценить риски отклонения качества белого сахара категории ТС2 по показателю мутности раствора в технологическом потоке его производства. Задачи: определить по технологическому потоку свеклосахарного производства причины отказа, которые могут привести к включению в кристаллы сахара нутриентов, обуславливающих мутность его раствора; выявить отказы с высокой степенью риска на основе формализованной оценки. Объект исследования – технологический поток производства белого сахара категории ТС2 из сахарной свеклы. Идентификация рисков выполнялась методом экспертных оценок группой из 6 человек. Для этого проводили декомпозицию технологического потока на этапы с предположительным влиянием на формирование характеристик полуфабрикатов, связанных с показателем мутности раствора белого сахара. По каждому этапу определяли его функцию, вид и механизм отказа, приводящий к отклонению заданных характеристик полуфабриката; формулировали возможные причины для всех механизмов отказа. Количественная оценка рисков проводилась путем вычисления ранга приоритетности риска как произведения значимости последствий, вероятности возникновения, вероятности обнаружения отказа, установленных по 10-балльной шкале. В технологическом потоке производства сахара категории ТС2 выделены 8 этапов, на которых возможно появление рисков образования полуфабрикатов с отклонением от заданных характеристик. Установлен 31 фактор риска недостижения показателя мутности раствора белого сахара, из которых 6 связаны с нарушением работоспособности оборудования, 10 – с ошибками персонала, 15 – с состоянием пищевой системы; 21 риск определен как незначительный, 6 – низкий, 2 – средний, 2 – высокий. Установлено, что высокий риск вызывается выходом пищевой системы из устойчивого состояния. Причинами являются остаточные количества антинакипинов в сиропе, стабилизирующие в растворе избыточные соли кальция, а также выпадение в осадок труднорастворимых солей кальция, которые включаются в состав кристаллов сахара при уваривании утфеля I кристаллизации.

Ключевые слова: белый сахар, мутность раствора, технологический поток, пищевая система, риск, причина отказа, ранг приоритетности риска, соли кальция, вещества коллоидной дисперсности

Для цитирования: Егорова М.И., Пузанова Л.Н., Михалева И.С. Оценка риска отклонения качества белого сахара по показателю мутности раствора // Вестник КрасГАУ. 2024. № 8. С. 140–148. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-140-148.

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания НИР № FGZU-2023-0002 Министерства науки и высшего образования РФ на период 2023–2027 гг.

Marina Ivanovna Egorova^{1✉}, Lyubov Nikolaevna Puzyanova², Irina Sergeevna Mikhaleva³

^{1,2,3}Kursk Federal Agrarian Scientific Center, Kursk, Russia

¹rniisp@gmail.com

²info@rniisp.ru

³ismihaleva@mail.ru

WHITE SUGAR QUALITY DEVIATION RISK ASSESSMENT BY THE SOLUTION TURBIDITY INDEX

The objective of the study is to assess the risks of quality deviation of white sugar of TC2 category based on the turbidity index of the solution in the process flow of its production. Objectives: to determine the causes of failure in the process flow of beet sugar production that may lead to the inclusion of nutrients in sugar crystals that cause the turbidity of its solution; to identify high-risk failures based on a formalized assessment. The object of the study is the process flow of production of category TC2 white sugar from sugar beet. Risk identification was performed using the expert assessment method by a group of 6 people. For this purpose, the process flow was decomposed into stages with an assumed impact on the formation of semi-finished product characteristics associated with the turbidity index of the white sugar solution. For each stage, its function, type and mechanism of failure leading to the deviation of the specified characteristics of the semi-finished product were determined; possible causes for all failure mechanisms were formulated. Quantitative risk assessment was carried out by calculating the risk priority rank as the product of the significance of the consequences, the probability of occurrence, and the probability of detection of failure, established on a 10-point scale. In the process flow of production of sugar of category TC2, 8 stages are identified, at which the risks of formation of semi-finished products with deviation from the specified characteristics may arise. 31 risk factors of failure to achieve the turbidity index of the white sugar solution are identified, of which 6 are associated with equipment malfunction, 10 – with personnel errors, 15 – with the state of the food system; 21 risks are defined as insignificant, 6 – low, 2 – medium, 2 – high. It is established that high risk is caused by the exit of the food system from a stable state. The reasons are residual amounts of antiscaling agents in the syrup, stabilizing excess calcium salts in the solution, as well as precipitation of poorly soluble calcium salts, which are included in the composition of sugar crystals during boiling of the massecuite of the first crystallization.

Keywords: white sugar, solution turbidity, process flow, food system, risk, failure cause, risk priority rank, calcium salts, colloidal dispersity substances

For citation: Egorova M.I., Puzyanova L.N., Mikhaleva I.S. White sugar quality deviation risk assessment by the solution turbidity index // Bulliten KrasSAU. 2024;(8): 140–148 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-140-148.

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the State Assignment NIR № FGZU-2023-0002 of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for the period 2023–2027.

Введение. Белый сахар в значительных объемах используется при производстве пищевых продуктов [1]. В России белый сахар изготавливают по ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия» четырех категорий: экстра, ТС1, ТС2, ТС3, для каждой из которых установлены нормируемые физико-химические показатели – содержание влаги, сахарозы, редуцирующих веществ, золы, цветность в растворе. Среди общих объемов сахара почти 85 % приходится на белый кристаллический сахар кате-

гории ТС2, около 10 % – категорий экстра и ТС1. Технологии их производства отличаются глубиной очистки сахаросодержащих растворов, разным парком фильтрационного оборудования, применяемыми фильтровальными тканями и фильтрующими средствами. В разнообразных пищевых системах сахар функционально технологичен [2] благодаря своим сенсорным или физическим свойствам, взаимодействию с другими ингредиентами. Поскольку пищевые продукты различаются по составу, консистенции,

особенностям производства, для каждой пищевой технологии востребованы определенные характеристики сырьевых ингредиентов [3], в т. ч. белого сахара [4]. Такие характеристики обозначены нами как индикаторные показатели технологической адекватности [5].

Мутность раствора сахара не входит в перечень нормируемых ГОСТ 33222 характеристик, но является одним из индикаторных показателей технологической адекватности, часто оговаривается контрактом на поставку белого сахара, особенно для производства напитков длительного хранения, кондитерских изделий, алкогольных напитков [6]. Мутность раствора, являющаяся отклонением от прозрачности, определяется наличием в кристаллах белого сахара микровключений и микронутриентов разной степени дисперсности, к которым относятся труднорастворимые соли кальция, оксид кремния, скоагулировавшие частички высокомолекулярных соединений – пектиновых веществ, декстрана, левана, сапонина и пр. [7]. Именно они способствуют образованию осадков и помутнению безалкогольных напитков [8]. Производители мутности поступают с сырьем или образуются в технологическом потоке производства сахара, изменение вектора течения таких реакций в пищевой системе влечет выход ее из стабильного состояния и возникновение риска формирования технологически неадекватной продукции.

Для производства напитков длительного хранения мутность раствора сахара не должна превышать 20 единиц ICUMSA [5]. Фактические данные качества сахара за различные годы [5, 7] показывают, что в среднем мутность раствора сахара по категориям составляет, единиц ICUMSA: экстра – до 15, ТС1 – до 18, ТС2 – до 36, ТС3 – до 52. Соответственно, требованиям производителей напитков длительного хранения удовлетворяют только сахар категорий экстра и ТС1. Следовательно, в технологическом потоке производства сахара категории ТС2 имеют место факторы, приводящие в итоге к возникновению отклонений значений мутности раствора сахара от требуемых промышленными потребителями. Такие факторы требуют определенного контроля в процессе производства и нуждаются в идентификации. В настоящее время при управлении качеством пищевой продукции часто применяют

риск-ориентированный подход [9], а для идентификации и оценки рисков используют положения FMEA-методологии [10]. Ее особенностью являются широкие возможности применения как для опасностей, связанных с ошибками персонала, нарушением работоспособности оборудования, так и опасностей, исходящих от состояния пищевой системы.

Цель исследования – оценить риски отклонения качества белого сахара категории ТС2 по показателю мутности раствора в технологическом потоке его производства.

Задачи: определить по технологическому потоку причины отказа, которые могут привести к включению в кристаллы сахара нутриентов, обуславливающих мутность его раствора; выявить отказы с высокой степенью риска.

Объекты и методы. Объектом исследования служил технологический поток производства белого сахара категории ТС2 из сахарной свеклы. В качестве методологической основы идентификации рисков использовали положения ГОСТ Р 27.303-2021 (МЭК 60812:2018) «Надежность в технике. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов». Инструментом идентификации рисков служил метод экспертных оценок, основанный на анализе процесса производства сахара командой из 6 человек, имеющих опыт работы в отрасли от 10 до 40 лет.

Проводили декомпозицию технологического потока на этапы, оказывающие наибольшее влияние на формирование качественных характеристик полуфабрикатов, связанных с показателем мутности раствора белого сахара. Для каждого этапа технологического процесса формулировали его функцию; определяли вид, механизм отказа, причину отказа. Количественную оценку реального состояния производственного процесса для каждой причины отказа определяли по рангу приоритетности риска (RPN), являющегося произведением рангов значимости последствий отказа (S), вероятности возникновения отказа (O), вероятности обнаружения отказа (D). Значения указанных показателей определяли по 10-балльной шкале рангов, актуализированной авторами под задачи исследования (табл. 1).

**Шкалы рангов значений значимости последствий,
вероятности возникновения и вероятности обнаружения отказа**

Ранг	Описание рангов		
	значимости последствий (S)	вероятности возникновения (O)	вероятности обнаружения (D)
1	Очень низкая	Очень низкая	100 %-я
2	Довольно низкая	Довольно низкая	Довольно хорошая
3	Низкая	Низкая	Хорошая
4	Ниже средней	Ниже средней	Умеренно хорошая
5	Средняя	Средняя	Умеренная
6	Выше средней	Выше средней	Слабая
7	Довольно высокая	Близка к высокой	Очень слабая
8	Высокая	Высокая	Плохая
9	Очень высокая	Очень высокая	Очень плохая
10	Катастрофическая	100 %-я	Невозможная

Расчетное значение ранга риска сравнивали с граничным значением, принятым за 125. Превышение расчетного значения ранга риска над граничным означает высокий уровень риска, для которого требуется разработка и принятие мер для снижения. Ранг риска до 50 определяется как незначимый, от 51 до 90 – низкий, от 91 до 125 – средний.

Мутность раствора белого сахара определяли как разность установленных фотоэлектроколориметрическим методом при длине волны 420 нм величин цветности раствора белого сахара, полученных без фильтрования раствора и с фильтрованием через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм по методике, описанной в ГОСТ 12572-2015.

Результаты и их обсуждение. Декомпозиция технологического потока производства белого сахара позволила выделить 8 этапов, на которых состояние пищевой системы потенциально может привести к попаданию в кристаллы нутриентов, обуславливающих мутность сахара. В качестве основных нутриентов, формирующих мутность растворов в технологическом потоке, выступают низкомолекулярные соединения в виде солей кальция органических и неорганических кислот и высокомолекулярные соединения (ВМС). К высокомолекулярным соединениям в сахарном производстве относят нативные компоненты сахарной свеклы – белковые вещества, полисахариды, сапонины; образующиеся в технологическом потоке красящие вещества типа меланоидинов; продукты их гидролиза. Среди разнообразных ВМС наибольший вклад в формирование мутности технических сахарных растворов вносят вещества, образующие коллоидные системы с размером частиц менее 1 мкм, их принято называть веществами коллоидной дисперсности (ВКД). К таким веществам в сахарном производстве относят декстран, леван, белковые и пектиновые вещества, красящие вещества и пр. Этапы технологического потока производства сахара с описанием механизмов отказа по показателю мутности раствора белого сахара приведены в таблице 2.

мирующих мутность растворов в технологическом потоке, выступают низкомолекулярные соединения в виде солей кальция органических и неорганических кислот и высокомолекулярные соединения (ВМС). К высокомолекулярным соединениям в сахарном производстве относят нативные компоненты сахарной свеклы – белковые вещества, полисахариды, сапонины; образующиеся в технологическом потоке красящие вещества типа меланоидинов; продукты их гидролиза. Среди разнообразных ВМС наибольший вклад в формирование мутности технических сахарных растворов вносят вещества, образующие коллоидные системы с размером частиц менее 1 мкм, их принято называть веществами коллоидной дисперсности (ВКД). К таким веществам в сахарном производстве относят декстран, леван, белковые и пектиновые вещества, красящие вещества и пр. Этапы технологического потока производства сахара с описанием механизмов отказа по показателю мутности раствора белого сахара приведены в таблице 2.

Таблица 2

Этапы технологического потока производства сахара с механизмами отказа по показателю мутности раствора сахара

Этап технологического потока	Функция	Вид отказа	Механизм отказа
1	2	3	4
А – центрифугирование утфеля I кристаллизации	Выделение кристаллов сахара из утфеля и их промывка	Мутность раствора сахара более 20 ед. ICUMSA	Недостаточная промывка кристаллов сахара водой

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Б – уваривание утфеля I кристаллизации	Кристаллизация сахарозы из сиропа	Мутность раствора сахара более 20 ед. ICUMSA	Инклюзия и окклюзия несахаров сиропа в кристаллы сахара
В – фильтрование сиропа	Получение фильтрата с мутностью менее 30 мг/дм ³	Мутность сиропа более 30 мг/дм ³	Наличие грубо- и тонкодисперсных частиц в сиропе
Г – образование сиропа путем сгущения очищенного сока	Получение сиропа с содержанием ВКД менее 0,4 %	Содержание ВКД более 0,4 %	Поступление ВКД с очищенным соком
		Наращение красящих веществ (ВКД) в процессе сгущения	Образование ВКД
		Увеличение растворимых и диспергированных солей кальция	Образование ВКД
Д – фильтрование очищенного сока	Получение сока с мутностью менее 100 мг/дм ³	Мутность очищенного сока более 100 мг/дм ³	Наличие грубо- и тонкодисперсных частиц в соке
Е – очистка диффузионного сока	Получение очищенного сока с содержанием ВКД менее 0,08 %	Содержание ВКД более 0,08 %	Недостаточная степень удаления ВКД
		Применение известкового молока с высоким содержанием силикатов	Поступление ВКД с известковым молоком
Ж – получение диффузионного сока	Получение диффузионного сока с содержанием ВКД менее 0,4 %	Содержание ВКД более 0,4 %	Поступление ВКД из свекловичного сока
		Увеличение растворимых ВКД при экстрагировании сахарозы	Образование ВКД
З – поступление сахарной свеклы в технологический поток	Поступление сахарной свеклы с содержанием ВКД в свекловичном соке менее 0,4 %	Содержание ВКД более 0,4 %	Технологически неадекватная сахарная свекла

Этап центрифугирования утфеля I кристаллизации (этап А) предназначен для выделения кристаллов сахара из утфеля и их промывки. Именно этот этап окончательно формирует качество белого сахара, в т. ч. по показателю мутности раствора. Недостаточная промывка кристаллов приводит к оставлению на их поверхности пленки межкристалльного раствора значительной толщины [11], в которой содержатся придающие мутность нутриенты. Предшествующий этап уваривания утфеля I кристаллизации (этап Б) предназначен для образования кристаллов сахарозы из пересыщенного раствора сиропа. Он также вносит значительный вклад в

качество сахара, поскольку рост кристаллов на введенных центрах кристаллизации сопровождается инклюзией и окклюзией несахаров сиропа [12], включая продуценты мутности.

Функции предшествующих рассматриваемых этапов заключаются в образовании прозрачных фильтратов с определенным заданным значением мутности (этапы В, Д), которые обеспечивают получение кристаллов сахарозы с минимальным содержанием продуцентов мутности; получении полуфабрикатов (этапы Г, Е, Ж) или поступлении сырья (этап З) с заданным уровнем содержания веществ коллоидной дисперсности [13]. К веществам коллоидной дисперсности

(ВКД) относятся системы с размером частиц менее 1 мкм, такими в производстве сахара являются белковые и пектиновые вещества, декстран, леван, красящие вещества, оксид кремния, оксид железа и др. Основной путь попадания ВКД в технологический поток – поступление с сахарной свеклой, затем они переходят в диффузионный сок при экстрагировании сахарозы; на этапе очистки диффузионного сока происходит удаление основной массы ВКД [14], однако на следующих этапах имеет место их рост в связи с образованием красящих веществ и коагуляцией высокомолекулярных соединений в процессе сгущения, а также превращение солей кальция с образованием их диспергированной формы [15].

По каждому механизму отказа рассмотрены и представлены причины отказа, количество которых варьирует от 1 до 5; всего для технологического потока задокументирована 31 причина. В качестве причин отказа фигурируют факторы, связанные с нарушением работоспособности оборудования (6 факторов), нарушением работы персонала (10 факторов), подавляющую часть составляют связанные с протеканием реакций в пищевой системе (15 факторов), из них 5 относятся к качеству поступающей сахарной свеклы. Причины отказа и ранги приоритета риска недостижения показателя мутности раствора сахара представлены в таблице 3.

Таблица 3

Причины отказа и ранги приоритетности риска недостижения показателя мутности раствора белого сахара

Этап	Причина отказа	S	O	D	Ранг риска
1	2	3	4	5	6
А	Несоблюдение цикла промывки	7	2	1	14
	Недостаточный объем промывной воды из-за загрязнения форсунок центрифуги	8	2	3	48
	Недостаточный объем промывной воды из-за слабого напора в коммуникации подачи	8	2	2	32
	Вода для промывки ненадлежащего качества	8	3	5	120
Б	Содержание взвешенных веществ в сиропе более 30 мг/дм ³	8	2	2	32
В	Нарушение целостности фильтровальной ткани	8	3	1	24
	Отсутствие герметичности фильтрующих элементов	7	2	1	14
	Диаметр пор ткани более 0,45 мкм	8	1	1	8
	Превышение предельного значения давления фильтрования	7	1	1	7
	Наличие суспендированных частиц солей кальция, удерживаемых антинакипинами	8	7	3	168
Г	Мутность очищенного сока более 100 мг/дм ³	9	4	1	36
	Нетермоустойчивый очищенный сок	6	4	3	72
	Выпадение в осадок труднорастворимых солей кальция	8	5	6	240
	Применение антинакипинов	9	5	2	90
Д	Содержание ВКД в очищенном соке более 0,08 %	8	5	3	120
	Нарушение целостности фильтровальной ткани	8	3	1	24
	Отсутствие герметичности фильтрующих элементов	7	2	1	14
	Диаметр пор ткани более 0,45 мкм	8	1	1	8
	Превышение предельного значения давления фильтрования	7	1	1	7

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
Е	Содержание ВКД в диффузионном соке более 0,4 %	7	4	2	56
	Содержание мезги в диффузионном соке более 1 г/дм ³	8	5	2	80
	Недостаточный расход извести на очистку	9	2	2	36
	Активность известкового молока ниже 90 %	9	2	2	36
	Переход растворимых силикатов в очищенный сок из известкового молока более 0,3 %	5	2	8	80
Ж	Содержание ВКД в свекловичном соке более 0,4 %	4	5	3	60
	Нарушение технологического режима экстрагирования	4	2	1	8
З	Высокое содержание растворимого пектина в свекловичном соке	4	2	2	16
	Заражение сахарной свеклы корневыми гнилями	10	5	1	50
	Заражение сахарной свеклы лейконосток	4	4	1	16
	Длительное хранение сахарной свеклы	8	4	1	32
	Развитие слизистого бактериоза у сахарной свеклы	10	5	1	50

Нарушение работоспособности оборудования приводит к незначимому риску – с рангом от 7 до 48, что связано с ежесменным обслуживанием оборудования и контролем его работы. Нарушение работы персонала технологической линии в основном приводит к незначимому или среднему риску благодаря автоматизации технологической линии и выводу на дисплей параметров, контролируемых оператором; соответственно, данные факторы имеют возможность быстрого обнаружения и исправления.

Причины отказов, связанные с протеканием реакций в пищевой системе, для большинства факторов имеют ранг риска от 16 до 80, что характеризует риск как незначимый и низкий; для одного фактора – приближенный к граничному значению 120 (средний риск); для двух факторов превышают его – 168 и 240. Высокий риск с рангом 168 связан с наличием в сиропе суспендированных частиц кальция, удерживаемых антацидами. Связано это с влиянием остаточных количеств действующего вещества антацида на соли кальция, удерживающего их в диспергированном виде в сиропе [16]. Наиболее высокий риск с рангом 240 связан с химизмом реакций при очистке диффузионного сока, а именно с выпадением в осадок труднорастворимых солей кальция [17]. Таким образом, в технологическом потоке производства сахара категории ТС2 из 31 фактора риска недостижения показателя мутности раствора белого сахара 21 определяется как незначительный, 6 – низкий, 2 – средний, 2 – высокий. Высокий риск вызывается выходом пищевой системы из ус-

тойчивого состояния по причине изменения вектора течения химических реакций.

Заключение. В настоящем исследовании определены риски отклонения качества белого сахара по показателю мутности раствора. В технологическом потоке производства белого сахара категории ТС2 идентифицированы механизмы и причины отказа, которые могут привести к включению в кристаллы сахара нутриентов, обуславливающих мутность его раствора. Всего установлена 31 причина, из которых 6 связаны с нарушением работоспособности оборудования, 10 – с нарушением работы персонала, 15 – с состоянием пищевой системы и вектором протекающих реакций. Определены уровни рисков: 21 – незначимый, 6 – низкий, 2 – средний, 2 – высокий. Отказы с высокой степенью риска обусловлены возможным неустойчивым состоянием пищевой системы. Полученные результаты расширяют знания о поведении пищевой системы производства белого сахара и могут служить основанием для установления схемы контроля технологического потока под конкретные задачи выпуска продукции с заданным показателем мутности раствора.

Список источников

1. Развитие национальной инфраструктуры качества в области сахарной промышленности / Е.А. Тарасова [и др.] // Сахар. 2021. № 5. С. 20–23. DOI:10.24412/2413-5518-2021-5-20-23.
2. Резниченко Ю.И., Щеглов М.С. Сахарозаменители и подсластители в технологии

- кондитерских изделий // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 4. С. 576–587. DOI:10.21603/2074-9414-2020-4-576-587.
3. *Елисеева С.А., Барукова Н.В., Саблина А.А.* Влияние товароведных характеристик сортов яблок на формирование потребительских свойств десертов // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9. С. 113–120.
 4. Требования к качеству и безопасности сахара, используемого при производстве пищевой продукции / *Н.М. Даишева* [и др.] // Научные труды КубГТУ. 2018. № 8. С. 33–42.
 5. Технологическая адекватность продукции свеклосахарного производства, используемой в пищевой промышленности / *М.И. Егорова* [и др.] // Пищевые системы. 2023. № 3. С. 298–307. DOI: 10.21323/2618-9771-2023-6-3-298-307.
 6. Влияние технологических вспомогательных средств на удаление биополимерных компонентов сахарной свеклы, обуславливающих мутность сахарных растворов / *Л.И. Беляева* [и др.] // Пищевая промышленность. 2023. № 5. С. 70–72. DOI: 10.52653/PPI.2023.5.5.020.
 7. Результаты мониторинга флокулообразующей способности растворов белого сахара / *М.И. Егорова* [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 3. С. 67–72. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10312.
 8. *Сергеева И.Ю.* Классификация компонентов помутнений напитков из растительного сырья // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42, № 3. С. 70–76.
 9. Применение риск-ориентированного подхода на примере производства сиропов / *Е.О. Ермолаева* [и др.] // Пищевая промышленность. 2023. № 2. С. 102–105. DOI: 10.52653/PPI.2023.2.2.022.
 10. *Никитченко В.Е., Рысцова Е.О., Чернышова А.Н.* Анализ и предупреждение рисков при изготовлении лабораторных микробиологических питательных сред методом FMEA // Вестник РУДН. Сер. «Агрономия и животноводство». 2019. Т. 14, № 1. С. 90–98. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-90-98.
 11. *Чудаков Г.М., Иванов М.Г.* Разработка фильтрующих центрифуг // Научные труды КубГТУ. 2015. № 5. С. 244–269.
 12. *Семенов Е.В., Славянский А.А., Грибкова В.А.* Анализ процесса кристаллизации сахарозы в условиях переменной диффузии // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 4. С. 40–51. DOI: 10.36107/spfp.2022.394.
 13. *Чернявская Л.И., Кухар В.Н.* Мутность растворов сахара и методы ее уменьшения // Сахар. 2014. № 3. С. 38–45.
 14. Совершенствование процесса прогрессивной преддефекации сахарного производства / *В.А. Гольбин* [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 250–255. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-4-250-255.
 15. Влияние ионов кальция в условиях предварительной и основной дефекаций на качество очищенного сока / *Р.С. Решетова* [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. 2018. № 5-6. С. 60–64.
 16. Состояние пищевой системы утфеля I кристаллизации при совокупном действии ПАВ, деколоранта сахара, антинакипина / *Л.И. Беляева* [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80, № 4. С. 151–155. DOI: 10.20914/2310-1202-2018-4-151-155.
 17. *Савостин А.В.* Повышение эффективности преддефекации диффузионных соков // Известия вузов. Пищевая технология. 2014. № 1. С. 29–31.

References

1. Razvitie nacional'noj infrastruktury kachestva v oblasti saharnoj promyshlennosti / *E.A. Tarasova* [i dr.] // Sahar. 2021. № 5. S. 20–23. DOI: 10.24412/2413-5518-2021-5-20-23.
2. *Reznichenko Yu.I., Scheglov M.S.* Saharozameniteli i podslastiteli v tehnologii konditerskih izdelij // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2020. T. 50, № 4. S. 576–587. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-4-576-587.
3. *Eliseeva S.A., Barukova N.V., Sablina A.A.* Vliyanie tovarovednyh harakteristik sortov yablok na formirovanie potrebitel'skih svojstv desertov // Vestnik KrasGAU. 2019. № 9. S. 113–120.
4. Trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti sahara, ispol'zuemogo pri proizvodstve pischevoj produkcii / *N.M. Daisheva* [i dr.] // Nauchnye trudy KubGTU. 2018. № 8. S. 33–42.
5. Tehnologicheskaya adekvatnost' produkcii sveklosaharnogo proizvodstva, ispol'zuej v pischevoj promyshlennosti / *M.I. Egorova* [i dr.] // Pischevye sistemy. 2023. № 3. S. 298–307. DOI: 10.21323/2618-9771-2023-6-3-298-307.
6. Vliyanie tehnologicheskikh vspomogatel'nyh sredstva na udalenie biopolimernyh kompo-

- mentov saharnoj svekly, obustavlivayuschih mutnost' saharnyh rastvorov / *L.I. Belyaeva* [i dr.] // *Pischevaya promyshlennost'*. 2023. № 5. S. 70–72. DOI: 10.52653/PPI.2023.5.5.020.
7. Rezul'taty monitoringa flokuloobrazuyushej sposobnosti rastvorov belogo sahara / *M.I. Egorova* [i dr.] // *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. 2021. T. 35, № 3. S. 67–72. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10312.
8. *Sergeeva I.Yu.* Klassifikaciya komponentov pomutnenij napitkov iz rastitel'nogo syr'ya // *Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv*. 2016. T. 42, № 3. S. 70–76.
9. Primenenie risk-orientirovannogo podhoda na primere proizvodstva siropov / *E.O. Ermolaeva* [i dr.] // *Pischevaya promyshlennost'*. 2023. № 2. S. 102–105. DOI: 10.52653/PPI.2023.2.2.022.
10. *Nikitchenko V.E., Ryscova E.O., Chernyshova A.N.* Analiz i preduprezhdenie riskov pri izgotovlenii laboratornyh mikrobiologicheskikh pitatel'nyh sred metodom FMEA // *Vestnik RUDN. Ser. «Agronomiya i zhivotnovodstvo»*. 2019. T. 14, № 1. S. 90–98. DOI: 10.22363/2312-797H-2019-14-1-90-98.
11. *Chudakov G.M., Ivanov M.G.* Razrabotka fil'truyuschih centrifug // *Nauchnye trudy KubGTU*. 2015. № 5. S. 244–269.
12. *Semenov E.V., Slavyanskij A.A., Gribkova V.A.* Analiz processa kristallizacii saharozy v usloviyah peremennoj diffuzii // *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*. 2022. № 4. S. 40–51. DOI: 10.36107/spfp.2022.394.
13. *Chernyavskaya L.I., Kuhar V.N.* Mutnost' rastvorov sahara i metody ee umen'sheniya // *Sahar*. 2014. № 3. S. 38–45.
14. Sovershenstvovanie processa progressivnoj preddefekacii saharного производства / *V.A. Golybin* [i dr.] // *Vestnik VGUIT*. 2016. № 4. S. 250–255. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-4-250-255.
15. Vliyaniye ionov kal'ciya v usloviyah predvaritel'noj i osnovnoj defekacij na kachestvo ochischennogo soka / *R.S. Reshetova* [i dr.] // *Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya*. 2018. № 5-6. S. 60–64.
16. Sostoyaniye pischevoj sistemy utfelya I Kristallizacii pri sovokupnom dejstvii PAV, dekoliranta sahara, antinakupina / *L.I. Belyaeva* [i dr.] // *Vestnik VGUIT*. 2018. T. 80, № 4. S. 151–155. DOI: 10.20914/2310-1202-2018-4-151-155.
17. *Savostin A.V.* Povysheniye `effektivnosti preddefekacii diffuzionnyh sokov // *Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya*. 2014. № 1. S. 29–31.

Статья принята к публикации 29.01.2024 / The article accepted for publication 29.01.2024.

Информация об авторах:

Марина Ивановна Егорова¹, заведующая лабораторией технологий сахара и методов контроля продукции, кандидат технических наук, доцент

Любовь Николаевна Пузанова², ведущий научный сотрудник лаборатории технологий сахара и методов контроля продукции, кандидат сельскохозяйственных наук

Ирина Сергеевна Михалева³, старший научный сотрудник лаборатории технологий сахара и методов контроля продукции

Information about the authors:

Marina Ivanovna Egorova¹, Head of the Laboratory of Sugar Technologies and Product Control Methods, Candidate of Technical Sciences, Docent

Lyubov Nikolaevna Puzyanova², Leading Researcher at the Laboratory of Sugar Technologies and Product Control Methods, Candidate of Agricultural Sciences

Irina Sergeevna Mikhaleva³, Senior Researcher at the Laboratory of Sugar Technologies and Product Control Methods